

ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ ПО ВОДНОМУ ГОСПОДАРСТВУ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

ІНСТИТУТ “УКРВОДПРОЕКТ”

**ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ПРОЕКТНОЇ ВРОЖАЙНОСТІ
НА ОСУШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ПРИ БУДІВНИЦТВІ Й РЕКОНСТРУКЦІЇ
МЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ**

**ПОСІБНИК ДО ДБН В.2.4.-1-99
“Меліоративні системи та споруди”
(розділ 3.осушувальні системи)**

Київ – 2006

УДК 631/635(043.3)

Обґрунтування ефективної проектної врожайності при будівництві й реконструкції осушувальних систем. Посібник до ДБН В.2.4.-1-99 “Меліоративні системи та споруди” (розділ 3. Осушувальні системи).

Розглянуті науково-методичні засади визначення ефективної проектної врожайності сільськогосподарських культур на осушуваних землях за довготерміновим прогнозом на основі прогнозно-імітаційних досліджень змінних у часі та невизначених за своїм характером природно-агро-меліоративних умов реального об’єкта.

Призначений для проектних та експлуатаційних підрозділів Державного комітету України по водному господарству, служб Міністерства аграрної політики, Міністерства екології та природних ресурсів, інших зацікавлених відомств, сфера діяльності яких поширюється на сільськогосподарські угіддя з регульованим водним режимом гумідної зони України.

В основу посібника покладено результати багаторічних досліджень та розробки науковців, викладачів і співробітників кафедри гідромеліорацій Національного університету водного господарства та природокористування з обґрунтування ефективної продуктивності осушуваних земель у змінних природно-агро-меліоративних умовах реального об’єкта та узагальнення наявних методів програмування врожаю вирощуваних культур.

Посібник розроблений з метою підвищення загальної еколого-економічної ефективності осушувальних меліорацій в Україні і містить два підходи стосовно вирішення зазначеного завдання: повну реалізацію розробленого методу за комплексом прогнозно-імітаційних моделей на ЕОМ і спрощений варіант його реалізації у виробничих умовах за нормованими значеннями корегуючих коефіцієнтів.

РОЗРОБЛЕНО

Національний університет водного господарства та природокористування

(А.М. Рокочинський, д.т.н.; С.В. Шалай; В.М. Бежук)

Державний комітет України по водному господарству

(В.А. Сташук, к.т.н.; В.Д. Крученко)

Укрводпроект

(В.Д. Дупляк, к.т.н.; В.О. Михайловський, к.т.н.)

ВНЕСЕНО

Управлінням науки, нормативно-технічного забезпечення та проектних робіт

Державного комітету України по водному господарству

ПОГОДЖЕНО

з Державним комітетом України по водному господарству.

ЗАТВЕРДЖЕНО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ

наказом ВАТ “Укрводпроект” від “17” квітня 2006р., № 7-о

Термін введення в дію з “01” травня 2006р.

ЗМІСТ

	стор.
ОСНОВНІ ТЕРМІНИ.....	4
ВСТУП.....	6
1. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ПРОЕКТНОЇ ВРОЖАЙНОСТІ НА ОСУШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ.....	7
1.1. Загальні положення.....	7
1.2. Модель ефективної проектної врожайності сільськогосподарських культур..	7
1.3. Загальна модель ефективної врожайності на осушуваних землях.....	8
1.3.1. Модель потенційно можливої врожайності.....	9
1.3.1.1. Визначення кліматично забезпеченої врожайності.....	9
1.3.1.2. Визначення врожайності за природною родючістю ґрунту.....	14
1.3.1.3. Розрахунок агротехнічно забезпеченої врожайності.....	14
1.3.1.4. Корегування врожайності за строками сівби (відновлення вегетації) сільськогосподарських культур.....	16
1.3.2. Модель технологічно забезпеченої врожайності.....	16
1.3.2.1. Визначення врожайності за поточними природно-меліоративними умовами періоду вегетації.....	16
1.3.2.2. Корегування врожайності за строками збирання сільськогосподарських культур.....	18
1.3.2.3. Корегування врожайності при збиранні та транспортуванні сільськогосподарської продукції.....	18
2. ПРИКЛАД ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ПРОЕКТНОЇ ВРОЖАЙНОСТІ В ЗОНІ ОСУШУВАЛЬНИХ МЕЛІОРАЦІЙ.....	19
2.1. Вихідні дані для розрахунку.....	19
2.2. Результати розрахунків та ефективність моделі.....	20
3. СПРОЩЕНИЙ РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОЇ ПРОЕКТНОЇ ВРОЖАЙНОСТІ ЗА КОРЕГУЮЧИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ.....	23
3.1. Методика розрахунку.....	23
3.2. Приклад розрахунку та порівняння результатів.....	25
ЛІТЕРАТУРА.....	30
ДОДАТКИ.....	31
Додаток А. Інформаційне забезпечення реалізації моделі з визначення ефективної проектної врожайності на осушуваних землях.....	32
Додаток Б. Результати прогнозно-імітаційних розрахунків на ЕОМ з визначення ефективної врожайності для умов СВК “Пархоменське” Любомльського району Волинської області.....	37
Додаток В. Додаткове інформаційне забезпечення розрахунків із визначення ефективної проектної врожайності на осушуваних землях за корегуючими коефіцієнтами.....	46

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ

Бонітет ґрунтів	- показник продуктивності ґрунтів, що, як правило, виражається в балах.
Бонітування ґрунтів	- порівняльна оцінка (в балах) ґрунтів за їхніми агрономічними властивостями. Необхідна для економічної характеристики земель, ведення Земельного кадастру, меліорації, удосконалення систем землеробства тощо.
Варіанти меліоративного проекту	- альтернативні варіанти технічних та технологічних рішень, складених за різними технологіями водорегулювання меліорованих земель й відповідними конструктивними рішеннями для їх забезпечення щодо меліоративної системи та її технічних елементів.
Проектна врожайність	- визначена за розрахунком середньозважена в часі та просторі величина ефективної врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур за змінними природно-агро-меліоративними умовами в заданих границях системи та проектного терміну функціонування реального об'єкта.
Ефективна врожайність	- визначена за довготерміновим прогнозом дійсно можлива (технологічно забезпечена) величина врожайності сільськогосподарських культур, яка враховує вплив визначальних природно-агро-меліоративних факторів на її формування.
Меліоративний проект	- певним чином організована система ресурсів, інвестицій, технічної та організаційно-фінансової документації, технологічних процесів, об'єктів інженерної інфраструктури і певних дій з метою оптимального (раціонального) й продуктивного розвитку та організації аграрного виробництва на меліорованих землях за рахунок мінімізації впливу несприятливих умов навколишнього природного середовища на створюваний еколого-економічний ефект за певний проміжок часу.
Потенційна врожайність	- отримана за розрахунком найбільша величина можливої врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур, що забезпечена наявними кліматичними й агротехнічними ресурсами її отримання.
Природно-агро-меліоративні умови	- сукупність визначальних факторів впливу на формування врожайності сільськогосподарських культур: кліматичні, агротехнічні, технологічні тощо.
Програмування врожаю	- цілеспрямоване формування розвитку посівів з метою отримання запланованого врожаю. З урахуванням істотного впливу погодних умов на кінцевий результат щодо отримання врожаю, програмування визначає два основних етапи отримання запланованих урожаїв: <ul style="list-style-type: none">- планування агрокомплексу для кожного поля під заданий врожай;- оперативне управління ходом формування врожаю у визначених умовах.
Родючість	- здатність ґрунту як компоненту біосфери забезпечувати необхідні для життєдіяльності рослин умови, що визначають поживний, водно-повітряний, температурний, окисно-відновний та інші режими.

Технологічно забезпечена врожайність (урожайність виробництва)	- величина дійсно можливої врожайності, що зумовлена впливом природно-агро-меліоративних умов реального об'єкта на потенційну врожайність вирощуваних сільськогосподарських культур.
Система землеробства	- комплекс взаємопов'язаних агротехнічних, меліоративних та організаційних заходів, спрямований на ефективне використання земельних ресурсів, збереження та підвищення родючості ґрунту, отримання високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур.
Управління формуванням урожаю	- процес, що враховує збирання та опрацювання даних щодо стану рослин і факторів впливу зовнішнього середовища, а також прийняття й реалізацію рішень з упровадження технологій виробництва сільськогосподарської продукції.
Урожай	- продукція, що отримана в результаті вирощування сільськогосподарських культур. Це функція виробничих затрат, родючості, виду й сорту рослин, часу, погоди тощо.
Урожайність	- середній урожай з одиниці площі посіву, який в практиці виражають у ц/га.
Фактори життя рослин	- природні фактори та явища, які є джерелом енергії або приймають участь у формуванні розвитку рослин, їхньої врожайності та якості продукції. Ці фактори можуть бути космічними (світло, тепло) або земними (вода, поживні речовини, повітря тощо).
Фотосинтез	- процес перетворення рослинами та мікроорганізмами, що відповідають за фотосинтез, променевої енергії сонця в енергію хімічних зв'язків органічних речовин.
Фотосинтетично-активна радіація	- фізіологічно активна частина сумарної сонячної радіації, що засвоюється рослиною в процесі фотосинтезу.

ВСТУП

Сучасний стан меліоративної науки характеризується все більш чітким усвідомленням об'єкту та методів його дослідження з одночасним вирішенням одного з найважливіших завдань меліорації – управління процесами формування врожаю на меліорованих землях з метою істотного збільшення та сталості їхньої продуктивності.

Разом з іншими це висуває на передній план проблему обґрунтування проектної врожайності на осушуваних землях у зоні достатнього та нестійкого зволоження України. В сучасній практиці її величина задається або приймається за фактичними значеннями, отриманими в зоні розташування об'єкту, або визначається розрахунковим шляхом за наявними методиками програмування врожаю, що фактично не відображає реальну можливість її досягнення в множинних змінних у часі та невизначених за своїм характером природно-агро-меліоративних умовах конкретного об'єкта.

Даний посібник розроблений відповідно до основних завдань:

- Галузевої програми “Водне господарство – 2010”, в якій підкреслено, що великого значення набуває створення відомчої нормативної бази, яка регламентуватиме проектування, будівництво і реконструкцію меліоративних систем;

- “Комплексної програми розвитку меліорації земель і покращання екологічного стану зрошуваних та осушуваних угідь у 2001-2005 роках і прогнозу до 2010 року”, де одними з головних напрямків досліджень є розробка правових актів з ефективного ведення сільськогосподарського виробництва на меліорованих землях, всеохоплююча реконструкція і удосконалення існуючих систем, приведення до оптимального співвідношення зрошення і осушення з іншими меліоративними заходами, покращання властивостей землі і підвищення її родючості, застосування прогресивних екологічно-безпечних технологій і режимів зрошення, пов'язаних з ними типів і конструкцій меліоративних систем.

Враховуючи зазначене, необхідно здійснювати розробку сучасних наукових підходів, які, з урахуванням вищезгаданих заходів, дадуть змогу досягти необхідного ефекту від застосування меліорацій.

В посібнику здійснена спроба представити сучасну високоінформативну розрахункову методику обґрунтування ефективної проектної врожайності сільськогосподарських культур на довготерміновій основі, яка дає змогу з достатнім для інженерної практики рівнем достовірності здійснювати оцінку продуктивності осушуваних земель у змінних природно-агро-меліоративних умовах реального об'єкта та обґрунтовування оптимальних проектних рішень з водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах.

1. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ПРОЕКТНОЇ ВРОЖАЙНОСТІ НА ОСУШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ

1.1. Загальні положення

В сучасних умовах розвитку осушувальних меліорацій особливо важливого значення набуває проблема отримання проектного рівня сільськогосподарської продукції з найменшими негативними екологічними наслідками. Вирішення такої проблеми можливе тільки завдяки визначенню ефективної врожайності на меліорованих землях, оскільки насамперед саме врожай разом з екологічним ефектом виступає визначальною характеристикою при обґрунтуванні проектних рішень на еколого-економічних засадах.

Оскільки процес формування врожаю має надзвичайно складний характер через значну кількість взаємопов'язаних та взаємозумовлених факторів, сьогодні ще й досі немає ефективної для умов виробництва комплексної системи оцінки рівня врожайності, яка б враховувала весь спектр змінних у часі природно-агро-меліоративних умов. Існуюча система нормування врожайності не в повній мірі відображає стан та враховує характерні особливості, притаманні меліорованим землям.

У зв'язку з цим, є потреба у створенні сучасного високоінформативного підходу, що дасть змогу враховувати всі зазначені чинники на стадії проекту будівництва і реконструкції меліоративних систем у зоні осушувальних меліорацій.

Інструментом практичної реалізації даного завдання може слугувати комплекс прогнозно-імітаційних моделей, який дасть змогу здійснити прогноз та оцінку загальної еколого-економічної ефективності технічних і технологічних рішень з водорегулювання осушуваних земель і спрямований на отримання реальної величини ефективної проектно-ї врожайності на осушуваних землях.

1.2. Модель ефективної проектно-ї врожайності сільськогосподарських культур

Оскільки проект будівництва чи реконструкції водогосподарсько-меліоративного об'єкта передбачає його функціонування в заданих границях кліматичних, агротехнічних, ґрунтових, меліоративних та інших умов, то під проектним рівнем урожайності слід розуміти середньозважену величину ефективної (дійсно можливої) врожайності вирощуваних культур, яка може бути отримана розрахунковим шляхом за довготерміновим прогнозом змінних у часі та просторі природно-агро-меліоративних умов у межах проектного терміну функціонування об'єкта.

За Є.Є. Жуковським [1] будь-яка метеоролого-економічна система дискретного типу в загальному випадку описується матрицею розмірністю $n_i \times n_p$. В свою чергу її елементи, у вигляді “функцій корисності” $u_{ip} = u(\mathbf{P}, \mathbf{I})$, $i = \overline{1, n_i}; p = \overline{1, n_p}$, характеризують значення економічного критерію U . Значення цього критерію відповідають всіляким парам (\mathbf{P}, \mathbf{I}) , коли прийняті проектні рішення сукупності $I = \{i\} = \overline{1, n_i}$ реалізуються за певних типових схем метеорологічних умов сукупності $P = \{p\} = \overline{1, n_p}$.

Тому в загальному випадку модель довготермінового прогнозу ефективної проектно-ї врожайності може бути представлена у вигляді

$$\bar{Y}_k = \sum_{\omega=1}^{n_{\omega}} \sum_{g=1}^{n_g} \sum_{p=1}^{n_p} Y_{k\omega g p} \cdot f_{\omega} \cdot f_g \cdot \alpha_p, \text{ ц/га}, \quad (1.1)$$

де \bar{Y}_k – ефективна проектна врожайність k -ї культури за визначеною технологією водорегулювання;

$Y_{\omega k g s p}$ – розрахункова величина ефективної (дійсно можливої) врожайності k -ї культури, яка отримана у відповідних кліматичних ω , ґрунтових g , меліоративних (технологія водорегулювання) s умовах та різних за умовами тепло- й вологозабезпеченості періодів вегетації p ;

f_{ω}, f_g – площі розповсюдження відповідно природно-кліматичних та ґрунтових відмін у межах об'єкту, виражені в дольових частках від загальної його території;

α_p – відомі (визначені або задані) значення повторюваності чи часток можливого стану типових схем метеорологічних режимів у розрахунку щодо умов тепло- й вологозабезпеченості періоди вегетації визначеної сукупності $P = \{p = \overline{1, n_p}\}$ у межах проектного терміну

функціонування системи, приведеного до одиниці, тобто $\sum_{p=1}^{n_p} \alpha_p = 1$.

Рекомендовані нормовані значення α_p щодо розрахункових періодів вегетації для осушуваних земель по природно-кліматичних підзонах зони надлишкового та нестійкого зволоження України наведені в додатку А, табл. А.1.

У випадку, коли має місце умова, що $\omega = const, g = const$, вираз (1.1) набуває вигляду

$$\bar{Y}_k = \sum_{p=1}^{n_p} Y_{\omega k g s p} \cdot \alpha_p, \quad \text{ц/га.} \quad (1.2)$$

1.3. Загальна модель ефективної врожайності на осушуваних землях

З урахуванням надзвичайно складного характеру процесу формування врожаю, зокрема на осушуваних землях, для стадії проекту реконструкції та нового будівництва меліоративних систем загальна модель ефективної врожайності сільськогосподарських культур може бути представлена у вигляді складної комплексної моделі мультиплікативного типу, представленої через добуток потенційно можливого її значення та функцій впливу на неї визначальних факторів

$$Y_{k \omega g s p} = Y_{\omega k p}^F \cdot \prod_{i=1}^{n_i} K_i = Y_{\omega k p}^F \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad i = \overline{1, n_i}, \quad \text{ц/га,} \quad (1.3)$$

де $Y_{\omega k p}^F$ – кліматично забезпечена врожайність за період вегетації k -ї культури;

K_1 – коефіцієнт зниження врожайності за бонітетом ґрунту ($0 \leq K_1 \leq 1$);

K_2 – коефіцієнт збільшення врожайності за внесеними добривами, ($K_2 > 1$, але $0 < K_1 \times K_2 \leq 1$);

K_3 – коефіцієнт зниження врожайності при відхиленні строку посіву (відновлення вегетації) від оптимального ($0 \leq K_3 \leq 1$);

K_4 – коефіцієнт впливу поточних природно-меліоративних умов (клімату та технологій водорегулювання) періоду вегетації культури на формування врожайності ($0 \leq K_4 \leq 1$);

K_5 – коефіцієнт зниження врожайності при відхиленні строку збирання від оптимального ($0 \leq K_5 \leq 1$);

K_6 – коефіцієнт зменшення врожайності за рахунок втрат при збиранні та транспортуванні ($0 < K_6 \leq 1$).

Представлена структура загальної моделі ефективної врожайності достатньою мірою відповідає суті процесів, що відбуваються на осушуваних землях. Реалізація моделі (1.3) здійснюється шляхом створення відповідного механізму, який може бути представлений у вигляді ієрархічної схеми послідовно виконуваних процедур з визначення розглянутих її складових (рис. 1.1).

Всі складові моделі (1.3) є змінними і залежать від багатьох факторів, головними з яких є природно-кліматичні, ґрунтово-меліоративні, агротехнічні й інші умови об'єкта, що представляються на стадії проекту у вигляді вихідних даних схематизованих природно-агро-меліоративних умов через сукупності відповідних показників [2]: метеостанцій $\Omega = \{\omega\} = \overline{1, n_\omega}$; видів ґрунтів $G = \{g\} = \overline{1, n_g}$; видів вирощуваних культур $K = \{k\} = \overline{1, n_k}$; способів водорегулювання осушуваних земель $S = \{s\} = \overline{1, n_s}$; розрахункових періодів вегетації за метеорологічними умовами $P = \{p\} = \overline{1, n_p}$.

Таким чином, визначення необхідних значень складових загальної моделі врожайності можливе тільки на базі вирішення складного та багатопараметричного завдання шляхом застосування методів математичного моделювання з використанням ЕОМ. Такий підхід ґрунтується на створенні комплексу ієрархічно зв'язаних імітаційних субмоделей з довготермінового прогнозу метеорологічних режимів розрахункових щодо умов тепло- й вологозабезпеченості періодів вегетації, водного режиму і технологій водорегулювання осушуваних земель у змінних схематизованих природно-агро-меліоративних умовах, складових врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур.

1.3.1. Модель потенційно можливої врожайності. При визначенні умов формування реальної продуктивності осушуваних земель за довготерміновим прогнозом визначальною складовою є потенційна врожайність вирощуваних культур. Її визначення за різних природно-агро-меліоративних умов щодо продуктивності вирощуваних культур є необхідною умовою розрахунку її ефективного значення, оскільки вона враховує фактори, що здійснюють визначальний вплив на біомасу рослин впродовж їхньої вегетації.

Розробка моделі потенційної врожайності зумовлена необхідністю здійснити оцінку врожайності сільськогосподарських культур, яку можна отримати в конкретних ґрунтово-метеорологічних умовах реального об'єкта з урахуванням агротехнічних та технологічних заходів, що проводяться на осушуваних землях.

Відповідно до структури побудови загальної моделі виду (1.3), модель потенційно можливої врожайності може бути побудована аналогічним чином і містить у собі субмоделі кліматично - та агротехнічно забезпеченої врожайності.

1.3.1.1. Визначення кліматично забезпеченої врожайності. В прийнятій структурі моделі з визначення ефективної врожайності сільськогосподарських культур на довготерміновій основі ефективна величина врожайності визначається вихідним потенційним (кліматично й агротехнічно обґрунтованим) її значенням. Кліматично забезпечена врожайність відповідно визначає максимально можливий рівень урожайності в конкретних природно-кліматичних умовах регіону, де розташований об'єкт, і характеризується, перш за все, кліматичними умовами періоду вегетації культури. Основною з них є прихід фотосинтетичноактивної радіації (ФАР) та рівень її використання рослинами, що традиційно визначається відповідним значенням коефіцієнту корисної дії (ККД).



Рис. 1.1. Ієрархічна схема необхідних процедур з визначення врожаю виробництва на осушуваних землях

Величина кліматично забезпеченої врожайності $Y_{окр}^F$ може бути визначена за математичною моделлю в структурі загальноприйнятого методу програмування врожайності [3]

$$Y_{окр}^F = 10^4 \cdot \eta_k \cdot a_k \cdot \frac{Q_{kp}}{q_k}, \quad p = \overline{1, n_p}, \quad \text{ц/га}, \quad (1.4)$$

де 10^4 – перевідний коефіцієнт;

η_k – коефіцієнт корисної дії фотосинтетичноактивної радіації (ККД ФАР) культури за наявних метеорологічних умов, %;

a_k – коефіцієнт господарської ефективності врожаю;

Q_{kp} – сумарний за період вегетації прихід ФАР, кДж/см²;

q_k – калорійність урожаю, кДж/кг.

Значення коефіцієнту господарської ефективності врожаю a_k та калорійності врожаю q_k для районованих у гумідній зоні України сільськогосподарських культур наведені у додатку А, табл. А.3.

Оскільки у виразі (1.4) змінною величиною є характерні (розрахункові) щодо умов тепло й вологозабезпеченості періоди вегетації сукупності $\mathcal{A}, \mathcal{B} = \overline{1, n_p}$, то для його розв'язку необхідно:

1. Мати узагальнену характеристику метеорологічних режимів досліджуваного об'єкту у вигляді типового розподілу основних метеофакторів (опадів, температури, дефіциту вологості повітря) в розрахункові щодо вологозабезпеченості періоди вегетації.

У спрощеному вигляді розподіл середньовеgetаційних норм основних метеофакторів за розрахункові проміжки часу (в декадному перерізі) протягом розрахункового періоду вегетації може бути визначений за виразом [4]

$$\vec{x}_{fp} = a_{1_{fp}} + a_{2_{fp}} \cdot U_1 + a_{3_{fp}} \cdot U_2 + a_{4_{fp}} \cdot U_3 + a_{5_{fp}} \cdot U_4, \quad f = \overline{1, n_f}, \quad p = \overline{1, n_p}, \quad (1.5)$$

де \vec{x}_{fp} – вектор розподілу середньовеgetаційних норм метеофакторів;

$a_1 \dots a_5$ – коефіцієнти кривих Фур'є 2-го порядку;

$U_1 = \cos C \cdot \tau; U_2 = \sin C \cdot \tau; U_3 = \cos 2C \cdot \tau; U_4 = \sin 2C \cdot \tau;$

τ – фактична кількість одиниць часу до даного моменту, починаючи від довільно обраного стартового циклу (порядковий номер розрахункового інтервалу часу).

2. Визначити терміни тривалості вегетації для сільськогосподарських культур у розрахункові періоди. Для цього може бути застосована модель розвитку культур, яка у загальному вигляді представлена через чергування відповідних фаз $\varphi_m, m = \overline{1, n_\varphi}$ сукупності

$\mathcal{A}, \mathcal{B} = \overline{1, n_\varphi}$

$$\varphi_m = \varphi_0 + \left(\sum_{\varphi=1}^{m-1} \eta_\varphi + \eta_m \right), \quad m = \overline{1, n_\varphi}, \quad (1.6)$$

де φ_0 – початкова фаза, що відповідає терміну сівби (відновлення вегетації) культури

$\varphi_0 = \tau_k$;

$\eta_{\varphi} \left(\overline{t_{m-}} \right)$ – тривалість окремих фенофаз, яка визначається за нормованими значеннями постійних сум позитивних температур повітря для проходження певною культурою відповідних міжфазних періодів.

При цьому термін початку вегетації $\underline{\tau}_k$ в межах загального розрахункового періоду певної k -ї культури може бути визначений як

$$\underline{\tau}_k = \tau_{\varphi_0 k} = f^{-1} \cdot \left(\overline{\varphi_{0k}} \right), \quad (1.7)$$

де $\underline{\tau}_{\varphi_0 k}$ – нормоване значення нижньої температурної межі початку розвитку ($\varphi_k = \varphi_{0k}$) k -ї культури (біологічний мінімум).

Відповідно термін закінчення вегетації $\overline{\tau}_k$, з урахуванням (1.7), визначається наступним чином

$$\overline{\tau}_k = \underline{\tau}_k + \sum_{\varphi=1}^{n_{\varphi}} T_{\varphi k}. \quad (1.8)$$

Величина $\underline{\tau}_k$ може бути отримана, згідно [4], з рівняння виду (1.5) $\overline{x_{fp\tau}} = x_{fp} \left(\overline{f} = \overline{I, n_f}; \overline{p} = \overline{I, n_p}; \overline{\tau} = \overline{I, n_{\tau}} \right)$ (залежно від наявності чи відсутності у споживача необхідної бази даних багаторічних спостережень) через визначення типового розподілу метеофакторів, що описує розподіл середньої температури повітря в розрахункові періоди вегетації $\overline{K_{p\tau}}, \overline{p} = \overline{I, n_p}; \overline{\tau} = \overline{I, n_{\tau}}$.

3. Визначити сумарний вегетаційний прихід ФАР для k -ї культури у p -й розрахунковий період за емпіричною моделлю виду

$$Q_{kp} = \left(Q_{kp}^{III-VII} + Q_{kp}^{VIII-X} \right) K_p^I, \quad k = const, \quad p = \overline{I, n_p}, \quad \tau = \overline{\tau, \tau}, \quad (1.9)$$

де $Q_{kp}^{III-VII}$ та Q_{kp}^{VIII-X} – прихід ФАР за τ -ту декаду відповідних періодів *березень – липень* та *серпень – жовтень* у межах p -го вегетаційного періоду k -ї культури, кДж/см²

$$\begin{cases} Q_{kp}^{III-VII} = 0,279 \cdot \overline{T_{p\tau}^{III-VII}} + 5,478, \tau = \overline{I, n_{\tau}}; \\ Q_{kp}^{VIII-X} = 0,441 \cdot \overline{T_{p\tau}^{VIII-X}} + 0,754, \tau = \overline{I, n_{\tau}}, \end{cases} \quad (1.10)$$

$\overline{T_{p\tau}}$ – середньодекадна температура повітря за τ -у декаду p -го розрахункового періоду вегетації;

K_p^I – поправочний коефіцієнт перерахунку за світлозабезпеченістю p -го розрахункового періоду вегетації

$$K_p^I = P / P_p, \quad (1.11)$$

де P – середньобагаторічна норма опадів за p -ий розрахунковий період вегетації;

P_p – кількість опадів у p -й характерний за зволоженістю період вегетації.

З урахуванням рівня постановки завдання (стадія проекту), в моделі (1.4) з визначення кліматично забезпеченої врожайності за довготерміновим прогнозом ключовим параметром є ККД ФАР культури η_{kg} . За різними даними цей параметр змінюється від 1% до 10%, при цьому зміна його значень на 1% може призводити до зміни врожайності у декілька разів. Тому в заданих умовах вирішення завдання на стадії проекту слід орієнтуватись на потенційно

можливі значення ККД ФАР $\bar{\eta}_{kg}$ за аналогією зі структурою побудови загальної моделі ефективної врожайності (1.3).

Потенційні значення ККД ФАР можуть бути встановлені методом підбору за результатами проведення машинного експерименту на ЕОМ через порівняння потенційно можливих значень ККД ФАР $\bar{\eta}_{kg}$ та відповідних відношень агротехнічно забезпеченої врожайності культури $Y_{окгр}^A$ до кліматично забезпеченої $Y_{окр}^F$. Характер такого зв'язку добре узгоджується з експоненціальною кривою (рис. 1.2) і описується рівнянням загального виду $y = a \cdot e^{-b \cdot x}$, тобто

$$\beta_{AF}^Y = a \cdot e^{-b \cdot \bar{\eta}_{kg}}, \quad (1.12)$$

де β_{AF}^Y – відношення агротехнічно забезпеченої врожайності до кліматично забезпеченої у заданих умовах, тобто $Y_{окгр}^A / Y_{окр}^F$;

a , b – емпіричні коефіцієнти, що змінюються залежно від конкретних природно-агро-меліоративних умов вирощування культури.

За наявності необхідних даних така крива може бути побудована для будь-яких районів культур на осушуваних землях, що входять до проектних сівозмін, з урахуванням конкретних природно-агро-меліоративних умов її вирощування. При цьому емпіричні коефіцієнти a і b прийматимуть відповідні диференційовані значення в кожному конкретному випадку.

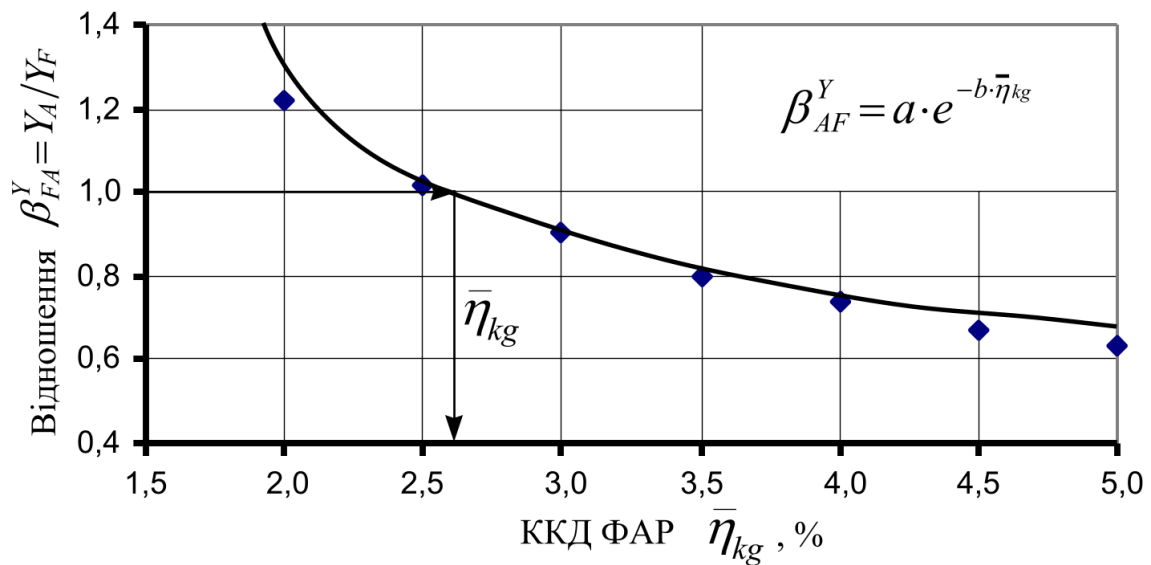


Рис. 1.2. Визначення $\bar{\eta}_{kg}$ за результатами машинного експерименту

Наявність такої залежності зумовлює можливість визначення потенційного значення ККД ФАР $\bar{\eta}_{kg}$ через розв'язок оберненої залежності (1.12) виду

$$\bar{\eta}_{kg} = f^{-1} \cdot \beta_{AF}^Y, \quad (1.13)$$

за умови, коли значення відношення (див. рис. 1.2) $\beta_{AF}^Y = 1$.

Справедливість даного твердження ґрунтується на тому, що величина кліматично забезпеченої врожайності $Y_{окр}^F$ є максимально можливою в конкретних природно-агро-меліоративних умовах, що відображено в структурі побудови загальної моделі (1.3) з прогновної оцінки на довготерміновій основі продуктивності осушуваних земель, і не може бути перевищена при застосуванні агротехнічних заходів, перш за все внесення добрив, а тому

фактично є обмеженням для агротехнічно забезпеченої врожайності $Y_{окгр}^A$. Тобто за будь-яких умов має бути дотримана вимога, що

$$Y_{окгр}^A \leq Y_{окгр}^F. \quad (1.14)$$

Таким чином, дана розрахункова методика з встановлення потенційних значень ККД ФАР в принципі дозволяє ефективно використовувати її при оцінці на довготерміновій основі продуктивності осушуваних земель у залежності від конкретних природно-агро-меліоративних умов реального об'єкту, але потребує для цього постановки та реалізації машинного експерименту на ЕОМ як обов'язкової умови.

1.3.1.2. Визначення врожайності за природною родючістю ґрунту. За структурою побудови загальної моделі (1.3) значення потенційного кліматично забезпеченого врожаю у подальшому корегується за родючістю ґрунту, на якому відбувається ріст та розвиток сільськогосподарських культур і є одним з головних факторів, що лімітують їхню врожайність. Тому визначення її впливу є необхідною умовою в структурі проведення прогностно-імітаційних розрахунків з обґрунтування ефективної проектної врожайності на осушуваних землях.

Загальновизнаним показником родючості ґрунтів є бонітет ґрунту, виражений в балах. Він являє собою інтегральну величину різних властивостей ґрунту. Бал бонітету встановлюється за наявними методиками оцінки родючості ґрунтів, що враховує весь комплекс природних факторів родючості та технологічних властивостей.

На стадії проекту реконструкції та будівництва меліоративних систем урахування впливу родючості ґрунту на формування ефективної проектної врожайності здійснюється за коефіцієнтом K_I , який визначається залежністю

$$K_I = B_g / B_0, \quad (1.15)$$

де B_g – природний бонітет ґрунту (бали), приймається за даними інженерних вишукувань на передпроектній стадії по досліджуваному об'єкту;

B_0 – бонітет еталонного ґрунту, $B_0 = 100$ балів.

У моделі (1.15) вплив бонітету ґрунту доцільно здійснювати на основі систематизованих В.С. Мошинським [5] агровиробничих груп осушених гідроморфних ґрунтів, бонітет яких встановлювався на основі загальновідомої методики Р.С. Трускавецького. Дані щодо бонітету цих ґрунтів наведені в додатку А, табл. А.2.

1.3.1.3. Розрахунок агротехнічно забезпеченої врожайності. Однією з найбільш визначальних характеристик, що здійснює вплив на розвиток рослин, є, безумовно, поживний режим. Його регулювання шляхом застосування добрив має бути спрямоване не тільки на отримання максимальної прибавки врожаю, але й на попередження можливого негативного впливу добрив на якість продукції і навколишнє природне середовище.

Інтенсивна система землеробства на осушуваних землях можлива тільки при систематичному внесенні добрив у необхідних нормах та співвідношеннях. Під дією добрив збільшується врожайність сільськогосподарських культур та покращується якість продукції.

Система добрив повинна забезпечити високу врожайність і, разом з тим, екологічну безпеку вирощування культур, необхідну якість продукції, високий економічний ефект від застосування добрив, збільшення родючості ґрунту, зведення до мінімуму втрат поживних речовин з добрив та ґрунту разом з інфільтраційними та дренажними водами.

На стадії проекту будівництва й реконструкції осушувальних систем у структурі побудови загальної моделі врожайності (1.3) зміна врожайності з урахуванням внесених добрив

як характеристика агротехнічно забезпеченого врожаю визначається за коефіцієнтом K_2 , що може бути представлений як

$$K_2 = 1 + \Delta Y_{okgp}^A / Y_{okgp}^B, \quad (1.16)$$

де ΔY_{okgp}^A - прибавка врожаю за рахунок внесення добрив, ц/га.

Величина ΔY_{okgp}^A може бути визначена за моделлю, яка традиційно використовується в методах програмування врожаю [3]

$$\Delta Y_{okgp}^A = \frac{(1 + x_2 + x_3) a_1}{100} + \frac{z \cdot a_2}{100} + A_p + C_p, \quad \text{ц/га}, \quad (1.17)$$

де x_1, x_2, x_3 – відповідні норми мінеральних добрив (N,P,K), кг д. р. /га;

z – норма органічних добрив, т/га;

a_1 – окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив урожаєм, кг/га;

a_2 – окупність 1 т органічних добрив урожаєм, т/га;

A_p – прибавка врожаю за рахунок агротехнічних ресурсів, ц/га;

C_p – прибавка врожаю за рахунок сортових ресурсів, ц/га.

Для визначення оптимальних норм внесення добрив залежно від загальної ефективної родючості ґрунту пропонується апроксимована нормована крива з одним максимумом у вигляді складених тригонометричних функцій, що отримана за результатами опрацювання даних багаторічних експериментальних досліджень в зоні осушувальних меліорацій

$$y = \begin{cases} 0,485 - 0,385 \cdot \arctg A - Bx, & \underline{x} \leq x \leq x^0; \\ 0,485 + 0,385 \cdot \arctg C - Dx, & x^0 \leq x \leq \bar{x}, \end{cases} \quad (1.18)$$

у яких:

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{3,65 \cdot (0,9 \cdot x^0 + \underline{x})}{x^0 - \underline{x}}; B = \frac{7,3}{x^0 - \underline{x}}; \\ C &= \frac{3,9 \cdot (1 + 0,9 \cdot x^0)}{x - x^0}; D = \frac{7,3}{x - x^0}. \end{aligned} \right\} \quad (1.19)$$

У виразах (1.18), (1.19) використані такі позначення: y – нормована функція, що приймає значення в інтервалі $[0,1]$; x – аргумент функції; A, B, C, D – коефіцієнти кривих; $\underline{x}, x^0, \bar{x}$ – відповідно початок, екстремальна точка (де $y=1$) і кінець області визначення аргументу.

Розрахунок оптимальних норм добрив здійснюється шляхом корегування рекомендованих їхніх норм на основі виразів (1.18) та (1.19) за системою рівнянь виду

$$\begin{cases} H_{ont} = H_{рек} \cdot (0,485 - 0,385 \cdot \arctg A, 92 - 0,18 \cdot B) \\ H_{ont} = H_{рек} \cdot (0,485 + 0,385 \cdot \arctg C, 58 - 0,12 \cdot D) \end{cases} \quad (1.20)$$

де H_{ont} – оптимальні відносно рівня родючості ґрунту норми добрив;

$H_{рек}$ – рекомендовані норми добрив;

B – бонітет ґрунту.

При цьому значення коефіцієнтів A, B, C, D визначені для моделі (1.20), з урахуванням прийнятої гіпотетично умови, що на даному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва на осушуваних землях найбільш ефективно використання рекомендованих норм добрив.

рив, з урахуванням еколого-економічних аспектів, відбувається при загальній ефективній родючості ґрунтів на рівні 40 балів (оціненої за стандартною 100 бальною шкалою).

Рекомендовані значення добрив для сільськогосподарських культур, що вирощуються на осушуваних землях, наведені в додатку А, табл. А.4.

Розглянутий підхід і розроблений метод розрахунку норм добрив в структурі довготермінового прогнозу продуктивності осушуваних земель дають змогу визначати оптимальні умови розвитку рослин щодо отримання проектного рівня врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур (заданий економічний ефект) та мінімізувати негативні екологічні наслідки.

1.3.1.4. Корегування врожайності за строками сівби (відновлення вегетації) сільськогосподарських культур. Встановлення оптимальних строків сівби (відновлення вегетації) сільськогосподарських культур є актуальним завданням при визначенні проектної продуктивності осушуваних земель на довготерміновій основі. На даний час це питання вивчено та розроблено недостатньо, оскільки існують розбіжності щодо впливу даного фактора на формування врожайності сільськогосподарських культур.

Оптимальні строки сівби обумовлюються видом сільськогосподарської культури та агрокліматичними особливостями району її вирощування. З агротехнічної точки зору вони наступають тоді, коли ґрунт досягає фізичної стиглості та прогрівається до потрібної температури. Також на оптимальні строки сівби здійснюють вплив склад ґрунтового повітря, мікробіологічні фактори, які обумовлюють взаємодію між рослинами та мікроорганізмами, тощо.

Тому при розгляді моделі (1.3) загальної продуктивності осушуваних земель на стадії проекту будівництва й реконструкції меліоративних систем, коли режимно-технологічні та конструктивні параметри мають забезпечувати необхідні умови вирощування сільськогосподарських культур, приймаємо $K_3 = 1$.

1.3.2. Модель технологічно забезпеченої врожайності. Розгляд технологічно забезпеченої врожайності, як складової загальної моделі (1.3), зумовлена необхідністю корегування потенційно можливої врожайності під впливом поточних природно-агро-меліоративних умов періоду вегетації та технологічних прийомів (насамперед метеорологічних умов, технології водорегулювання та строків й технології збирання сільськогосподарської продукції) на формування величини ефективної проектної врожайності.

З метою кращого представлення такої моделі доцільно розглядати окремо виробничі фактори впливу на формування сільськогосподарської продукції. Тут мається на увазі створення відповідних моделей з оцінки врожайності за поточними природно-агро-меліоративними умовами періоду вегетації та технологічними факторами (строк та якість збирання вирощених культур).

1.3.2.1. Визначення врожайності за поточними природно-меліоративними умовами періоду вегетації. Поточні природно-меліоративні умови періоду вегетації сільськогосподарських культур відіграють важливу роль і створення моделі їхнього впливу на формування врожайності займає чільне місце в структурі визначення технологічно забезпеченої врожайності (врожайності виробництва) на осушуваних землях. Модель ґрунтується на врахуванні, головним чином, водного та температурного режимів, які визначають рівень реалізації потенційно можливої (кліматично та агротехнічно забезпеченої) врожаю при формуванні технологічно забезпеченої врожайності за фактичними умовами тепло- й вологозабезпеченості посіву в межах розрахункового періоду вегетації.

В основу моделі прогнозової оцінки врожайності на осушуваних землях покладений найбільш поширений та апробований на практиці підхід оцінки зміни величини потенційно

можливої врожайності Y^o певної k -ї культури до дійсно можливої (фактичної або ефективної) Y , яка зумовлена поточними умовами тепло- й вологозабезпеченості посіву протягом вегетації, через показник β . Тоді в загальній моделі (1.3)

$$K_4 = \bar{\beta}_\tau = \beta_\tau \left(\bar{q}_{\tau-1}, q_\tau, p_\tau, a_\tau^k, \tau \right), \quad \tau = \overline{1, T}, \quad (1.21)$$

де $\bar{\beta}_\tau$ і $\bar{\beta}_{\tau-1}$ – вектори стану рівня розвитку посіву відповідно на момент часу τ та за попередній період $\tau-1$ при заданому β_0 ;

q_τ, p_τ, a_τ^k – вектори відповідно некерованих (метеорологічні фактори) і керованих (способи водорегулювання) зовнішніх діянь та внутрішніх фізіологічних і генетичних параметрів культури на момент часу τ .

Оскільки на меліорованих землях для рослинного організму в кожну фазу його розвитку $\varphi, \varphi = \overline{1, n_\varphi}$ існує оптимальний рівень водоспоживання (транспіраційна складова сумарного випаровування), показник β може бути поданий відповідно як інтегральний показник рівня розвитку культури протягом вегетації через динаміку її водоспоживання у відносному вигляді за моделлю

$$\beta = \frac{\sum_{\varphi=1}^{n_\varphi} ET_\varphi}{\sum_{\varphi=1}^{n_\varphi} ETV_\varphi}, \quad (1.22)$$

де ET_φ , ETV_φ – відповідно ефективне та потенційно можливе водоспоживання культури за φ -ту фазу її розвитку.

Складовою такої моделі врожайності є функція зниження продукційних процесів, що опосередковано може бути представлена через динаміку водоспоживання культур протягом періоду вегетації і дозволяє врахувати невідповідність реальних умов з тепло- й вологозабезпеченості посіву по відношенню до оптимальних.

Загальний вигляд такої функції та її складових аналогічний за побудовою до (1.18) та (1.19). Тому функція зниження водоспоживання та врожаю культур на осушуваних землях через невідповідність температурного λ_1 та водного λ_2 режимів протягом вегетації матиме вигляд

$$\lambda(\underline{w}) = \lambda_1(\underline{t}) \lambda_2(\underline{w}). \quad (1.23)$$

Тоді, якщо ці функції представити у відповідних позначеннях, отримуємо:

а) для температурного режиму приземного шару повітря

$$\lambda_1(\underline{t}) = \begin{cases} 0,485 - 0,385 \arctg \left[\frac{3,65(0,9t^0 + \underline{t}) - 7,3t}{t^0 - \underline{t}} \right], & \underline{t} \leq t \leq t^0; \\ 0,485 + 0,385 \arctg \left[\frac{3,65(\underline{t} + 0,9t^0) - 7,3t}{\underline{t} - t^0} \right], & t^0 \leq t \leq \bar{t}; \end{cases} \quad (1.24)$$

б) для водного режиму активного шару ґрунту

$$\lambda_2(\underline{w}) = \begin{cases} 0,485 - 0,385 \arctg \left[\frac{3,65(0,9w^0 + \underline{w}) - 7,3w}{w^0 - \underline{w}} \right], & \underline{w} \leq w \leq w^0; \\ 0,485 + 0,385 \arctg \left[\frac{3,65(\underline{w} + 0,9w^0) - 7,3w}{\underline{w} - w^0} \right], & w^0 \leq w \leq \bar{w}, \end{cases} \quad (1.25)$$

де $\underline{t}, \bar{t}^0, \bar{t}$ – відповідно нижня, оптимальна й верхня температурна межа життєдіяльності даного виду (сорт) рослини;

$\underline{w}, \bar{w}^0, \bar{w}$ – відповідно нижня, оптимальна й верхня межа вологозабезпеченості для даного виду (сорт) рослини;

t, w – відповідно середні (в межах розрахункового кроку дискретизації моделі) значення температури повітря та вологості активного шару ґрунту в поточний момент часу періоду вегетації культури.

Наведені функції зниження водоспоживання культур залежно від відхилення поточних умов тепло- й вологозабезпеченості посіву за виразами (1.23) – (1.25) описують реалістичний характер цієї залежності, враховують постійну зміну вимог вирощуваних культур до умов тепло- й вологозабезпеченості посіву в онтогенезі та синергетичний ефект від їхньої сумісної дії на розвиток рослин.

Тому вони можуть бути задіяні з метою реалізації загальної моделі розвитку й формування врожаю культур на осушуваних землях за різних природно-меліоративних умов при виконанні їх прогнозової оцінки на довготерміновій основі. Але для їхньої реалізації потрібен відповідний комплекс прогнозно-імітаційних моделей, що описують зміну в часі схематизованих природно-меліоративних умов на осушуваних землях (клімат, водний режим тощо).

1.3.2.2. Корегування врожайності за строками збирання сільськогосподарських культур. Строк збирання культури також відіграє дуже важливу роль у процесі отримання фактичних урожаїв виробництва вирощуваних культур. Відхилення від його оптимального значення в той чи інший бік може призводити до значних втрат сільськогосподарської продукції.

В практиці сільськогосподарського виробництва на меліорованих землях втрати врожаю від несвоєчасного збирання можна оцінити за експериментальними даними, приймаючи до уваги, що оптимальні строки збирання збігаються з накопиченням суми середньодобових ефективних температур повітря. Через це необхідне правильне визначення початку і тривалості збору врожаю культур, оскільки вони мають великий вплив на отримання величини зібраного врожаю.

В даному випадку, як і для коефіцієнта корегування врожаю за термінами сівби K_3 , в розрахунках з визначення ефективної проектної врожайності в моделі (1.3) припустимо приймати $K_5=1$.

1.3.2.3. Корегування врожайності при збиранні та транспортуванні сільськогосподарської продукції. Врожай, вирощений в полі, і врожай, який буде оплачений при здачі на зберігання чи переробку, дуже часто сильно різняться. Основною причиною цього є втрати, які мають місце при збиранні врожаю, що залежать від якості збирання, механізмів, які при цьому застосовуються, втрат при транспортуванні та втрат за рахунок зменшення об'ємної маси зібраного врожаю при зберіганні протягом деякого часу тощо.

Провідна роль у скороченні втрат і наближенні фактичного врожаю до вирощеного за конкретних ґрунтово-кліматичних умов року належить правильному вибору техніки, технології збирання та термінів його проведення.

Зазвичай визначити втрати врожаю сільськогосподарських культур можливо наближено шляхом аналізу та співвідношення зібраної маси та вирощеної продукції.

Тому на стадії проекту будівництва й реконструкції меліоративних систем у зоні достатнього та нестійкого зволоження, з урахуванням узагальнених наявних довідкових та фактичних даних, які наводяться у спеціальній літературі і отримані широким колом дослідників, можна в загальній моделі (1.3) приймати значення $K_6 = 0,8...0,85$.

2. ПРИКЛАД ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ПРОЕКТНОЇ ВРОЖАЙНОСТІ В ЗОНІ ОСУШУВАЛЬНИХ МЕЛІОРАЦІЙ

2.1. Вихідні дані для розрахунку

Приклад розрахунку ефективної проектної врожайності в зоні осушувальних меліорацій розглянемо для умов реального проекту, реалізованого на землях СВК “Пархоменське” Любомльського району Волинської області. Вихідні дані для розрахунку ефективної врожайності проектної сівозміни в заданих умовах наведені в табл. 2.1 – табл. 2.5.

Таблиця 2.1

Задані проектом види та структура посівних площ сільськогосподарських культур

Сукупність культур $k, \bar{k} = \overline{1,7}$	Назва сільськогосподарських культур (площа F , га)
$k=1$	Озимі зернові ($F=124$ га)
$k=2$	Льон ($F=21$ га)
$k=3$	Картопля ($F=15$ га)
$k=4$	Буряк кормовий ($F=24$ га)
$k=5$	Кукурудза на силос ($F=35$ га)
$k=6$	Багаторічні трави ($F=172$ га)
$k=7$	Овочі(помідори) ($F=3,7$ га)

Таблиця 2.2

Види та розподіл ґрунтів у межах досліджуваного об’єкта на землях СВК “Пархоменське” Любомльського району Волинської області

Сукупність ґрунтів $g, \bar{g} = \overline{1,4}$	Назва ґрунту (площа F , га; бонітет B , бали)
$g=1$	Дерново-підзолисті глеюваті зв’язно-піщані ($F=185$ га, $B=24$)
$g=2$	Дернові глейові короткопрофільні зв’язнопіщані ($F=131$ га, $B=57$)
$g=3$	Торфові ($F=74$ га, $B=30$)
$g=4$	Дерново-карбонатні ($F=5$ га, $B=84$)

Таблиця 2.3

Види та розподіл розрахункових щодо умов тепло-й вологозабезпеченості періодів вегетації

Сукупність періодів вегетації $p, \bar{p} = \overline{1,5}$	Назва
$p=1$	дуже вологі ($p=10\%$)
$p=2$	вологі ($p=30\%$)
$p=3$	середні ($p=50\%$)
$p=4$	сухі ($p=70\%$)
$p=5$	дуже сухі ($p=90\%$)

Таблиця 2.4

Рациональні технології водорегулювання на землях
СВК “Пархоменське” Любомльського району Волинської області

Сукупність технологій водорегулювання $s, \bar{s} = 1,4$	Назва
$s=1$	Осушення
$s=2$	Попереджувальне шлюзування
$s=3$	Зволожувальне шлюзування
$s=4$	Зрошення дощуванням на фоні попереджувального шлюзування

За відсутності безпосередніх даних по об’єкту, величини вегетаційних значень основних метеофакторів за розрахункові періоди вегетації для умов Волинської області, де він розташований, отримані за моделлю метеорологічного забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків на довготерміновій основі згідно [4] та подані в табл. 2.5.

Нормований розподіл основних метеофакторів за розрахунковими періодами вегетації для умов досліджуваного об’єкта наведений в додатку Б, табл. Б.1 – Б.6.

Таблиця 2.5

Веgetаційні значення основних метеофакторів за розрахункові періоди вегетації в зоні
розташування СВК “Пархоменське” Любомльського району Волинської області

Характеристика кліматичних умов	Розрахункові періоди вегетації				
	p=10%	p=30%	p=50%	p=75%	p=90%
Опади, мм	562	495	436	385	341
Температура (сума температур), °C	2563,6	2726,4	2909,5	3015,8	3280,6
Дефіцит вологості повітря, мм	539	683	856	1057	1376
Відносна вологість повітря, %	79,7	76,3	72,8	68,5	63,46
Випаровуваність, мм	329	417	522	645	840
ФАР, кДж/см ²	133,5	152,7	174,2	198,4	225,6

Розрахунки з визначення ефективної проектної врожайності сівоzmіни виконані за розробленим комплексом прогнозно-імітаційних моделей з відповідним програмним та інформаційним забезпеченням для схематизованих природно-агро-меліоративних умов досліджуваного об’єкта в структурі машинного експерименту. Загальна кількість досліджених варіантів розрахунку складає 6720.

2.2. Результати розрахунків та ефективність моделі

Оскільки загальний об’єм отриманих даних за результатами машинного експерименту не може бути розглянутий у повному обсязі в рамках даних рекомендацій, вони проілюстровані на прикладі однієї культури проектної сівоzmіни – багаторічних трав на сіно. Основні результати експерименту з визначення ефективних проектних значень їхньої врожайності для різних років з тепло-й вологозабезпеченості періоду вегетації наведені в додатку Б, табл. Б.7.

За результатами проведеного експерименту були отримані наступні значення щодо розрахункових величин ефективної проектної врожайності для умов зазначеного об'єкту, які систематизовані в табл. 2.6.

Згідно отриманих даних для усереднених ґрунтових умов по досліджуваному об'єкту значення розрахункової ефективної проектної врожайності для багаторічних трав на сіно, залежно від способів водорегулювання $\{n_s\} = \overline{1, n_s}$ (за основу розглянуті найгірший та найкращий способи водорегулювання, відповідно осушення та зрошення дощуванням на фоні попереджувального шлюзування) та застосованої агротехніки (внесення добрив), коливається в межах від 16,6 до 49,5 ц/га.

Такий розмах варіювання розрахованих величин проектної врожайності багаторічних трав у змінних природно-агро-меліоративних умовах реального об'єкта цілком узгоджується з відповідними проектними та фактичними зональними їх значеннями (див. табл. 2.6).

Що стосується розрахованих значень ефективної проектної врожайності для інших культур сівозміни, то вони також, аналогічним чином як для трав щодо технологій водорегулювання та рівня агротехніки, досить добре узгоджуються з відповідними проектними та фактичними їхніми значеннями для зональних природно-агро-меліоративних умов, де розташований досліджуваний об'єкт.

Отже, результати з визначення ефективної проектної врожайності на осушуваних землях підтверджують достатню ефективність розробленого комплексу прогнозно-імітаційних моделей для стадії проекту будівництва й реконструкції меліоративних систем.

Порівняно з методом нормування, що зазвичай застосовується на практиці, дана розрахункова методика дає змогу обґрунтовано визначати ефективну проектну врожайність на осушуваних землях за всім спектром змінних природно-агро-меліоративних умов реального об'єкта.

Таким чином, розроблений комплекс прогнозно-імітаційних моделей з визначення ефективної проектної врожайності на осушувальних землях, що враховує всі основні природно-агро-меліоративні умови розвитку посіву впродовж періоду вегетації, може бути успішно використаний в загальному комплексі прогнозно-оптимізаційних розрахунків з обґрунтування раціональних проектних рішень з дотриманням економічних та екологічних вимог при будівництві та реконструкції меліоративних систем.

Таблиця 2.6

Порівняльна характеристика розрахункових значень ефективної проектної врожайності із заданими за проектом та фактичними значеннями на землях СВК “Пархоменське” Любомльського району Волинської області.

Назва культури	Розрахункові значення ефективної проектної врожайності, ц/га		Значення врожайності, ц/га		Відхилення розрахункової врожайності від заданої за проектом, %		Відхилення розрахункової врожайності від фактичної, %	
	з внесенням добрив	без внесення добрив	задані проектом	фактичні	з внесенням добрив	без внесення добрив	з внесенням добрив	без внесення добрив
1. Буряк кормовий	330,8– 417,7 ¹⁾	152,6 – 192,2	300,0	$\frac{129,0 - 524,3}{291,0}$ ²⁾	9,3 – 28,2	96,6 – 56,1	12,0 – 30,3	47,6 – 34
2. Льон	6,6 – 8,3	3,2 – 4,1	5,5	----	16,7 – 33,7	71,9 – 34,2	----	----
3. Картопля	158,0– 201,9	69,1 – 87,1	140,0	$\frac{48,6 - 154,0}{89,9}$	11,4 – 30,7	102,6 – 60,7	43,1 – 55,5	23,2 – 3,1
4. Помідори	181,3 – 216,7	84,4 – 100	140,0	----	22,8 – 35,4	65,9 – 40,0	----	----
5. Озимі зернові	21,7 – 24,6	9,5 – 11,4	27,0	$\frac{11,3 - 13,6}{12,6}$	24,4 – 9,8	184,2 – 136,8	41,9 – 48,8	14,6 – 9,5
6. Багаторічні трави	37,7 – 49,5	16,6 – 21,4	28,0	$\frac{19,0 - 22,1}{20,6}$	25,7 – 43,4	68,7 – 30,8	45,4 – 58,4	19,4 – 3,9
7. Кукурудза	193,5 – 222,6	91,7 – 104,3	200,0	$\frac{153,0 - 295,0}{236,0}$	3,4 – 10,2	118,1 – 91,8	22,0 – 6,0	61,2 – 55,8

Примітки:

1. Значення ефективної проектної врожайності наведені відповідно для умов осушення (мінімальна врожайність) та умов зрошення на фоні попереджувального шлюзування (максимальна врожайність) для трав і овочів, а також зволожувального шлюзування для інших культур;
2. Наведені фактичні значення врожайності по об'єкту за період 1991 – 1995 рр. подані: у чисельнику відповідно мінімальні та максимальні значення; у знаменнику – середні значення.

3. СПРОЩЕНИЙ РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОЇ ПРОЕКТНОЇ ВРОЖАЙНОСТІ ЗА КОРЕГУЮЧИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ

3.1. Методика розрахунку

При застосуванні розробленої методики з обґрунтування ефективної проектної врожайності в умовах реального об'єкта за довготерміновим прогнозом на основі комплексу прогнозно-імітаційних моделей (див. розд. 1 та розд. 2) у виробничих умовах можуть виникнути ускладнення, пов'язані з інформаційним забезпеченням складових її субмоделей або використанням інструментарію її реалізації.

Тому виникає необхідність у створенні спрощеної методики, що ґрунтується на застосуванні корегуючих коефіцієнтів, які визначають вплив визначальних природних, агротехнічних та меліоративних факторів на формування врожайності вирощуваних культур. Такі коефіцієнти можуть бути отримані шляхом нормування необхідних складових базової моделі (1.3) через узагальнення наявних довідкових та експериментальних даних.

Згідно зі структурою побудови комплексу прогнозно-імітаційних моделей з обґрунтування ефективної проектної врожайності, першим кроком його реалізації є визначення кліматично забезпеченого врожаю за моделлю (1.4).

Її реалізація потребує наявності середньобогаторічних норм основних метеофакторів (сумарного приходу ФАР, суми ефективних температур, суми опадів та дефіциту вологи) для умов відповідного об'єкта. Але внаслідок відсутності вегетаційних норм основних метеофакторів для умов досліджуваного об'єкта можна використати їх значення для відповідної базової області його розташування (див. додаток В, табл. В.1).

Необхідні вегетаційні норми метеофакторів у спрощеному розрахунку для розрахункових за умовами тепло-й вологозабезпеченості періодів вегетації можна визначити з використанням загальноприйнятого методу [4] за виразом

$$\overline{X}_{fp} = k_{pfp} \cdot \overline{X}_f, \quad f = \overline{I, n}_f, \quad p = \overline{I, n}_p, \quad (3.1)$$

де \overline{X}_{fp} – вегетаційна норма f -го метеофактора в p -й розрахунковий щодо умов тепло- й вологозабезпеченості період вегетації;

k_{pfp} – відповідне усереднене значення модульного коефіцієнта за кривою розподілу забезпеченості вегетаційних величин метеофакторів у багаторічному перерізі;

\overline{X}_f – середньобогаторічна вегетаційна норма f -го метеофактора.

Усереднені значення k_{pfp} можуть бути визначені як

$$k_{pfp} = 1 + C_{vf} \cdot \Phi_{fp}, \quad f = \overline{I, n}_f, \quad p = \overline{I, n}_p, \quad (3.2)$$

де C_{vf} – коефіцієнт варіації вегетаційної норми f -го метеофактора;

Φ_{fp} – відповідні усереднені значення нормованих відхилень ординат кривих забезпеченості від середнього для f -го метеофактора в межах p -ї розрахункової щодо умов тепло- й вологозабезпеченості групи років.

Відповідні значення C_{vf} та Φ_{fp} наведені в додатку В (табл. В.1, табл. В.2).

Прихід ФАР для конкретного розрахункового року можна визначити за поправочним коефіцієнтом перерахунку щодо світлозабезпеченості p -го періоду вегетації K_p^I через від-

ношення середньобагаторічних норм опадів у середній розрахунковий період вегетації ($p=50\%$) до їхніх значень у p -й розрахунковий період вегетації за виразом

$$K_p^I = P_{50\%} / P_p . \quad (3.3)$$

З урахуванням фізіологічних особливостей рослин, для проходження всіх фаз їхнього розвитку необхідна відповідна сума активних температур (див. додаток А, табл. А.5).

Тому потрібно корегувати значення норми основних метеофакторів за коефіцієнтом тривалості вегетаційного періоду конкретної культури k_{τ} , який може бути визначений як відношення сум активних температур проходження всіх фаз розвитку $\sum T_k$ до суми ефективних температур $\sum T$ за середній період вегетації (квітень-жовтень)

$$k_{\tau} = \sum T_k / \sum T . \quad (3.4)$$

У випадку, коли розрахункові значення $k_{\tau} > 1$, приймається $k_{\tau} = 1$.

Визначені за виразом (3.4) значення k_{τ} для районованих сільськогосподарських культур у зоні достатнього та нестійкого зволоження України наведені в додатку В (табл. В.3).

Потенційні значення ККД ФАР у гумідній зоні можуть бути визначені на основі встановленого за довідковими даними та результатами досліджень зв'язку цієї величини із загальною потенційною родючістю ґрунтів (див. додаток В, табл. В.4).

Щодо інших складових моделі (1.3) з визначення кліматично забезпеченої врожайності, то значення коефіцієнту господарської ефективності врожаю a_k та калорійності q_k визначаються на основі вже розглянутих довідникових даних (див. додаток А, табл. А.3).

При визначенні потенційної врожайності вплив родючості ґрунту на її формування (визначення врожайності за бонітетом ґрунту Y_B) доцільно здійснювати на основі загальновідомої методики Р.С. Трускавецького, удосконаленої В.С. Мошинським, за агропромисловими групами осушених гідроморфних ґрунтів (див. додаток А, табл. А.2).

Дію добрив на формування врожайності (агротехнічно забезпечений врожай Y_A) для спрощеного розрахунку рекомендується оцінювати за наступними нормованими коефіцієнтами в залежності від потенційної родючості ґрунтів (див. додаток В, табл. В.5)

У спрощеному розрахунку значення коефіцієнтів, що враховують втрати врожаю при відхиленні строків посіву (відновлення вегетації) та збору вирощеної продукції від оптимальних, також рекомендується приймати відповідно $K_3 = 1$ та $K_5 = 1$.

В структурі визначення технологічно забезпеченої врожайності Y_{kogspr} вплив поточних природно-меліоративних умов за коефіцієнтом K_4 можна розглядати у вигляді комплексного показника як добутку природної K_{ω} та технологічної зволоженості K_S

$$K_4 = K_{\omega} \cdot K_S . \quad (3.5)$$

Тут коефіцієнт природної зволоженості території K_{ω} на стадії проекту можна визначати на основі відношення вегетаційних значень опадів $\sum P$ до випаровуваності $\sum E_0$

$$K_{\omega} = \sum P / \sum E_0 , \quad (3.6)$$

де $\sum E_0 = 0,61 \cdot \sum D$ (мм або $\text{м}^3/\text{га}$).

Розраховані за виразом (3.6) значення K_{ϕ} систематизовані для адміністративних областей зони достатнього та нестійкого зволоження України залежно від розрахункових за умовами тепло- й вологозабезпеченості періодів вегетації (див. додаток В, табл. В.6).

Нормовані значення коефіцієнту технологічної зволоженості K_s для основних технологій водорегулювання на осушуваних землях рекомендується використовувати в наступних межах (див. додаток В, табл. В.7).

Значення врожайності з урахуванням втрат при збиранні та транспортуванні вирощеної продукції (“комірний врожай”) рекомендується приймати за аналогією з попереднім (див. розд. 1.3) $K_6 = 0,8...0,85$.

3.2. Приклад розрахунку та порівняння результатів

Як і в попередньому прикладі (див. розд. 2.2) визначимо ефективну проектну врожайність культур проектної сівозміни за корегуючими коефіцієнтами для заданих природно-агро-меліоративних умов осушувальної системи у СВК “Пархоменське” Любомльського району Волинської області. Розрахунки розглянемо на прикладі найбільш поширеного в межах досліджуваного об’єкта дерново-підзолистого глеюватого зв’язно-піщаного ґрунту (площа $F=185$ га, бонітет $B=24$ бала).

Проілюструємо реалізацію спрощеної методики обґрунтування ефективної проектної врожайності на прикладі провідної культури проектної сівозміни – багаторічних трав на сіно.

Згідно даних, наведених в додатку В, табл. В.1 середньобагаторічні норми основних метеофакторів за IV-X місяці для Волинської області складають:

- сумарний прихід ФАР – $\Sigma Q = 1669 \text{ МДж/м}^2 = 166,9 \text{ КДж/см}^2$;
- сума ефективних температур – $\Sigma T = 2860 \text{ }^\circ\text{C}$;
- сума опадів – $\Sigma P = 436 \text{ мм}$;
- сумарний дефіцит вологи – $\Sigma D = 815 \text{ мм}$.

Відповідно значення основних метеофакторів у розрахунку щодо умов тепло- й вологозабезпеченості періоди вегетації для Волинської області, визначені за формулами (3.1), (3.2) та даними табл.В.2 (див. додаток В), зведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Значення основних метеофакторів за розрахунковими періодами вегетації для умов досліджуваного об’єкта у СВК “Пархоменське” (Любомльський район Волинської області)

$p, \%$	$\Sigma P, \text{мм}$	$\Sigma T, \text{ }^\circ\text{C}$	$\Sigma D, \text{мм}$	$\Sigma Q, \text{кДж/см}^2$
10	582	2722	571	125,0
30	509	2788	712	143,0
50	436	2858	843	166,9
70	363	2896	965	200,5
90	290	2986	1115	250,9

З урахуванням поправки на тривалість вегетаційного періоду багаторічних трав за формулою (3.4) ($k_{\tau}=0,944$), маємо наступні скореговані значення основних метеофакторів за розрахунковими періодами вегетації для досліджуваної культури (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Значення основних метеофакторів за розрахунковими періодами вегетації для багаторічних трав на сіно у СВК “Пархоменське” (Любомльський район Волинської області)

$p, \%$	$\Sigma P, \text{мм}$	$\Sigma T, ^\circ\text{C}$	$\Sigma D, \text{мм}$	$\Sigma Q, \text{кДж/см}^2$
10	550	2570	539	118,1
30	481	2632	671	135,0
50	412	2698	796	157,6
70	343	2734	910	189,3
90	274	2819	1052	237,0

Потенційне значення ККД ФАР для багаторічних трав на сіно при вирощуванні на даному ґрунті визначаємо на основі додатку В, табл. В.4. У даному випадку $\bar{\eta}_{kg} = 2\%$.

Значення коефіцієнту впливу на врожайність вирощуваних культур поточних природно-меліоративних умов (K_4) визначені для досліджуваного об'єкта на основі даних додатку В. (табл. В.6, табл. В.7) мають наступні значення (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Визначені для заданого об'єкта значення коефіцієнтів впливу на врожайність вирощуваних культур поточних природно-меліоративних умов за розрахунковими періодами вегетації (K_4)

$p, \%$	Попереджувальне шлюзування	Зрошення дощуванням на фоні попереджувального шлюзування	Зволожувальне шлюзування	Осушення
10%	0,33...0,66	0,33...0,66	0,33...0,66	0,33...0,66
30%	0,47...0,70	0,47...0,70	0,47...0,70	0,47...0,70
50%	0,51...0,68	0,59...0,76	0,51...0,68	0,51...0,60
70%	0,56...0,62	0,74...0,80	0,68...0,74	0,31...0,37
90%	0,51...0,60	0,60...0,68	0,55...0,64	0,17...0,21

З метою порівняння у табл. 3.4 зведені результати з визначення ефективної проектної врожайності багаторічних трав на сіно за розрахунками на ЕОМ (див. розд. 2) та на основі спрощеної методики за корегуючими коефіцієнтами. Наведені дані переконливо свідчать, що відхилення між розрахованими значеннями врожайності за розглянутими методиками знаходяться в допустимих для інженерної практики межах.

Фрагмент результатів щодо порівняння розраховуваних за повною та спрощеними методиками значень ефективної проектної врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур проектною сівозміною із заданою за проектом та фактичною на прикладі найбільш розповсюдженої на об'єкті ґрунтової різниці наведені в табл. 3.5. Їх можна у певному наближенні порівнювати з даними табл. 2.6 (див. розд. 2.2). При цьому розкид відносних похибок відхилень між розрахунковими, проектними та фактичними значеннями врожайності також знаходиться в допустимих межах.

Таким чином, результати спрощеного розрахунку за корегуючими коефіцієнтами підтверджують достатню ефективність даної методики при її застосуванні у проектах будівництва, реконструкції та експлуатації осушувальних систем. Це дає змогу обґрунтовано визначати проектну продуктивність осушуваних земель та в подальшому здійснювати оцінку й вибір оптимальних проектних технічних і технологічних рішень з їхнього водорегулювання за довготерміновим прогнозом, а також інвестиційну оцінку проектів будівництва і реконструкції осушувальних систем.

Таблиця 3.4

Порівняння ефективної проектної врожайності багаторічних трав на сіно отриманої із застосуванням машинного експерименту на ЕОМ та спрощеного розрахунку за корегуючими коефіцієнтами

$p, \%$	Q_{kr} , кДж/см ²		$Y_{окр}^F$, ц/га		Y_B , ц/га		Y_A , ц/га		K_4		$Y_{когсп}$, ц/га		Відхилення значень, %
	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок	
Дерново-підзолистий глеюватий зв'язно-піщаний ґрунт ($B=24, \bar{\eta}_k=2,0\%$)													
Попереджувальне шлюзування													
10%	112,7	118,1	47,9	50,1	11,5	12,0	47,9	38,4	0,476	0,50	22,8	19,2	15,8
30%	129,7	135,0	55,1	57,3	13,2	13,8	55,1	44,2	0,610	0,60	33,6	26,5	21,1
50%	159,9	157,6	67,9	66,9	16,3	16,1	61,1	51,5	0,737	0,65	45,0	33,5	25,6
70%	190,0	189,3	80,7	80,4	19,4	19,3	64,2	61,8	0,589	0,56	37,8	34,6	8,5
90%	236,0	237,0	100,2	100,6	24,1	24,1	68,9	77,1	0,371	0,52	25,6	40,1	36,2
	173,4	167,0	73,6	70,9	17,7	17,0	61,1	54,5	0,568	0,58	34,5	31,2	9,6
Зрошення дощуванням на фоні попереджувального шлюзування													
10%	112,7	118,1	47,9	50,1	11,5	12,0	47,9	38,4	0,476	0,50	22,8	19,2	15,8
30%	129,7	135,0	55,1	57,3	13,2	13,8	55,1	44,2	0,610	0,60	33,6	26,5	21,1
50%	159,9	157,6	67,9	66,9	16,3	16,1	61,1	51,5	0,771	0,68	47,1	35,0	25,7
70%	190,0	189,3	80,7	80,4	19,4	19,3	64,2	61,8	0,783	0,75	50,3	46,4	7,8
90%	236,0	237,0	100,2	100,6	24,1	24,1	68,9	77,1	0,827	0,65	57,0	50,1	12,1
	173,4	167,0	73,6	70,9	17,7	17,0	61,1	54,5	0,724	0,65	44,9	36,0	19,8
Зволожувальне шлюзування													
10%	112,7	118,1	47,9	50,1	11,5	12,0	47,9	38,4	0,476	0,50	22,8	19,2	15,8
30%	129,7	135,0	55,1	57,3	13,2	13,8	55,1	44,2	0,610	0,60	33,6	26,5	21,1
50%	159,9	157,6	67,9	66,9	16,3	16,1	61,1	51,5	0,759	0,62	46,4	31,9	31,3
70%	190,0	189,3	80,7	80,4	19,4	19,3	64,2	61,8	0,622	0,72	39,9	44,5	10,3
90%	236,0	237,0	100,2	100,6	24,1	24,1	68,9	77,1	0,563	0,60	38,8	46,3	16,2
	173,4	167,0	73,6	70,9	17,7	17,0	61,1	54,5	0,621	0,62	38,0	34,2	10,0

Продовження табл. 3.4

$p, \%$	Q_{kp} , кДж/см ²		$Y_{окp}^F$, ц/га		Y_B , ц/га		Y_A , ц/га		K_4		$Y_{kogsр}$, ц/га		Відхилення значень, %
	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок	
Осушення													
10%	112,7	118,1	47,9	50,1	11,5	12,0	47,9	38,4	0,476	0,50	22,8	19,2	15,8
30%	129,7	135,0	55,1	57,3	13,2	13,8	55,1	44,2	0,644	0,60	35,4	26,5	21,1
50%	159,9	157,6	67,9	66,9	16,3	16,1	61,1	51,5	0,679	0,57	41,5	29,4	29,2
70%	190,0	189,3	80,7	80,4	19,4	19,3	64,2	61,8	0,501	0,36	32,2	22,2	31,1
90%	236,0	237,0	100,2	100,6	24,1	24,1	68,9	77,1	0,284	0,20	19,6	15,4	21,4
	173,4	167,0	73,6	70,9	17,7	17,0	61,1	54,5	0,519	0,49	31,2	23,4	25,0

Примітка. За результатами розрахунку встановлені ефективні проектні значення врожайності вирощеної продукції. При їхньому перерахунку на “комірний врожай” прийнятий поправочний коефіцієнт $K_6 = 0,85$.

Таблиця 3.5

Порівняння розрахованих за повною та спрощеною методиками значень ефективної проектної врожайності із заданою за проектом та фактичною для дерново-підзолистого ґрунту в СВК “Пархоменське” Любомльського району Волинської області

Назва культури	Розрахункові значення ефективної проектної врожайності, ц/га		Врожайність, ц/га		Відхилення врожайності від заданих проектом значень, %		Відхилення врожайності від фактичних значень, %	
	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок	задана проектом	фактична	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок	Розрахунок на ЕОМ	Спрощений розрахунок
1. Буряк кормовий	256,0 – 305,2 ¹⁾	292,6 – 450,9	300,0	$\frac{129,0 - 524,3}{291,0}$ ²⁾	14,7 – 1,7	2,5 – 33,5	12,0 – 4,6	0,5 – 35,5
2. Льон	6,6 – 8,3	5,0 – 7,7	5,5	----	16,7 – 33,7	9,1 – 28,6	----	----
3. Картопля	141,3 – 170,6	99,7 – 153,8	140,0	$\frac{48,6 - 154,0}{89,9}$	0,9 – 17,9	28,8 – 9,0	36,4 – 47,3	9,8 – 41,5
4. Овочеві	187,8 – 222,2	225,3 – 347,1	140,0	----	25,5 – 37,0	37,9 – 59,7	----	----
5. Озимі зернові	17,1 – 19,1	12,9 – 20,0	27,0	$\frac{11,3 - 13,6}{12,6}$	36,7 – 29,3	52,2 – 25,9	26,3 – 34,0	2,3 – 37,0
6. Багаторічні трави	22,5 – 32,5	19,9 – 30,6	28,0	$\frac{19,0 - 22,1}{20,6}$	19,6 – 13,8	28,9 – 8,5	8,4 – 36,6	3,4 – 32,7
7. Кукурудза	200,6 – 227,7	186,6 – 287,6	200,0	$\frac{153,0 - 295,0}{236,0}$	12,2 – 0,3	6,7 – 30,5	15,0 – 3,5	20,9 – 17,9

Примітки:

1. Значення ефективної проектної врожайності наведені відповідно для умов осушення (мінімальна врожайність) та умов зрошення дощуванням на фоні попереджувального шлюзування (максимальна врожайність);
2. Наведені фактичні значення врожайності по об'єкту за період 1991 – 1995 рр. подані: у чисельнику відповідно мінімальні та максимальні значення, у знаменнику – середні значення;
3. Розрахункові значення ефективної проектної врожайності наведені з урахуванням втрат при збиранні та транспортуванні вирощеної продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жуковский Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. - Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 304 с.
2. Рокочинський А.М., Шалай С.В. Передумови щодо створення загальної моделі врожайності для обґрунтування оптимальних проектних рішень з водорегулювання осушуваних земель // Вісник Рівненського державного технічного університету. – 2000. – Вип. 2(4). – С.71–76.
3. Каюмов М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1989. – С.18 – 72.
4. Оцінювання і прогнозування метеорологічних величин в характерні за умовами зволоження періоди вегетації для виконання водобалансових розрахунків та агрометеорологічних прогнозів на довготерміновій основі: Методичні вказівки / Рокочинський А.М., Окопний О.І., Зубик Я.Я. й ін. – Рівне, 1996. – 33 с.
5. Мошинський В.С. Методика бонітування осушуваних ґрунтів гумідної зони України // Агрохімія і ґрунтознавство: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спец. Випуск до VI з'їзду УТГА. – Харків, 2002. – С. 139 – 141.
6. Тимчасові рекомендації з обґрунтування ефективної проектної врожайності на осушуваних землях при будівництві й реконструкції меліоративних систем / Шалай С.В., Рокочинський А.М., Сташук В.А., Бежук В.М. – Рівне: НУВГП, 2004. – 43 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Інформаційне забезпечення реалізації моделі з визначення ефективної проектної врожайності на осушуваних землях

Таблиця А.1

Рекомендовані нормовані значення α_p щодо розрахункових періодів вегетації для осушуваних земель по природно-кліматичних підзонах зони надлишкового та нестійкого зволоження України

Природна зона	Забезпеченість p , %				
	10% дуже вологі	30% вологі	50% середні	70% сухі	90% дуже сухі
Лісостеп	0,10	0,20	0,20	0,30	0,20
Полісся	0,15	0,20	0,25	0,25	0,15
Прикарпаття	0,15	0,25	0,30	0,20	0,10
Закарпаття	0,10	0,20	0,30	0,25	0,15

Агровиробничі групи осушених гідроморфних ґрунтів та їхній загальний бонітет

№ групи	Агровиробнича група ґрунтів	Бонітет, бал
1	Дерново-підзолисті та дернові глейові піщані	<u>16-23</u> 18
2	Дерново-підзолисті та дернові глейові супіщані	<u>22-28</u> 26
3	Дерново-підзолисті глейові суглинкові	<u>27-32</u> 30
4	Дерново-підзолисті глейові важко суглинкові та глинисті	<u>18-21</u> 20
5	Світло-сірі й сірі лісові поверхнево оглеєні суглинкові	<u>32-37</u> 35
6	Світло-сірі й сірі лісові поверхнево оглеєні важко суглинкові і глинисті	<u>29-34</u> 32
7	Темно-сірі лісові та чорноземи опідзолені поверхнево оглеєні суглинкові	<u>42-49</u> 46
8	Темно-сірі лісові та чорноземи опідзолені поверхнево оглеєні важкосуглинкові і глинисті	<u>36-43</u> 40
9	Дернові глейові суглинкові	<u>29-35</u> 32
10	Дернові глейові важкосуглинкові та глинисті	<u>22-28</u> 25
11	Дернові глейові та дернові глибокі карбонатні легко- і середньосуглинкові на щільних карбонатних породах	<u>39-57</u> 52
12	Дерново-підзолисті та буроземно-підзолисті поверхнево оглеєні суглинкові	<u>29-35</u> 34
13	Дерново-підзолисті та буроземно-підзолисті поверхнево оглеєні важко суглинкові та глинисті	<u>21-29</u> 26
14	Дернові та буроземні опідзолені поверхнево оглеєні і глейові суглинкові	<u>31-38</u> 36
15	Лучні і лучно-болотні супіщані	<u>26-31</u> 29
16	Лучні і лучно-болотні суглинкові	<u>36-43</u> 40
17	Лучні і лучно-болотні важкосуглинкові і глинисті	<u>25-30</u> 28
18	Болотні мінеральні супіщані	<u>25-29</u> 27
19	Болотні мінеральні суглинкові	<u>29-36</u> 34
20	Болотні мінеральні важкосуглинкові і глинисті	<u>22-28</u> 26
21	Мочаристі	<u>19-25</u> 23
22	Осолоділі ґрунти блюдець, солодь болотна	<u>18-23</u> 21
23	Торфовисто- і торфово-глейові ґрунти	<u>18-27</u> 24
24	Торфовища неглибокі	<u>25-34</u> 30
25	Торфовища середньоглибокі та глибокі	<u>32-41</u> 38

Примітка.

16-23^{*} Значення бонітету ґрунту: в чисельнику відповідно мінімальні та максимальні
18 значення, в знаменнику – середні значення

Таблиця А.3

Значення коефіцієнту господарської ефективності та калорійності врожаю
для районованих у гумідній зоні України сільськогосподарських культур

Культура	Основна продукція	Калорійність урожаю, q , кДж/кг	Коефіцієнт господарської ефектив- ності врожаю, K_m
Зернобобові	зерно	19678	0,600
Зернобобові	зелена маса	19678	4,000
Ярові зернові	зерно	18346	0,530
Озимі зернові	зерно	18631	0,465
Льон	волокно	19890	0,200
Картопля	бульба	18003	2,500
Цукрові буряки	корені	18631	3,570
Кормові буряки	корені	16119	4,760
Столові буряки	корені	16119	4,760
Морква	корені	16350	4,650
Помідори	томати	16000	4,000
Капуста пізня	качани	17000	4,900
Однорічні трави	зелена маса	19678	4,000
Багаторічні трави	сіно	18841	0,400
Кукурудза	зерно	17166	0,521
Кукурудза	зелена маса	16328	5,000
Пасовища	зелена маса	19678	4,000

Таблиця А.4

Рекомендовані норми добрив для основних сільськогосподарських культур та їхня окупність урожаєм

Культура	Агротехнічні ресурси (підвищення врожайності), ц/га	Сортові ресурси (підвищення врожайності), ц/га	Доза мінеральних добрив, кг/д.р.			Доза гною, т/га	Середня окупність мінеральних добрив урожаєм, кг	Окупність 1 т. гною
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
Зернобобові зерно	3,5	2,5	50	75	75	0	5,0	0
Зернобобові з/м	50,0	38,5	50	75	75	0	0	0
Ярові зернові	3,5	2,5	70	55	55	10	7,2	0
Озимі зернові	4,5	3,5	80	80	80	25	4,1	25
Льон	1,0	0,8	55	60	90	15	1,1	0
Картопля	50,0	35,0	120	75	110	35	18,3	82
Цукрові буряки	40,0	40,0	85	120	135	40	31,3	103
Кормові буряки	90,0	70,0	150	100	150	35	74,5	0
Столові буряки	35,0	26,0	90	180	120	0	40	0
Морква	60,0	45,0	90	180	120	0	65	0
Помідори	65,0	50,0	100	120	100	25	40	0
Капуста пізня	110,0	85,0	120	120	120	35	90	0
Однорічні трави	50,0	35,0	90	60	60	0	11,5	0
Багаторічні трави	10,0	7,0	110	90	90	25	20,5	0
Кукурудза зерно	6,5	5,5	105	80	80	35	8	25
Кукурудза з/м	110,0	8,5	105	80	80	25	28,4	64
Пасовища	20,8	0	0	0	0	0	16	0

Таблиця А.5

Агрометеорологічні параметри основних сільськогосподарських культур з температури повітря

Культура	Основна продукція	Біологічний мінімум t°, C	Сума активних температур повітря по фазах розвитку							Примітка
			1	2	3	4	5	6	7	
Зернобобові	зерно	6	270	900	1100	1350	1800	2150	2500	люпин
Зернобобові	зелена маса	6	270	900	1100	1350	1700			люпин
Ярові зернові	зерно	5	150	420	560	990	1070	1180	1500	овес
Озимі зернові	зерно	5	20	190	680	900	1030	1300	1400	оз. пшениця
Льон	волокно	7	130	900	1430					
Картопля	бульба	10	400	810	1050	1790	2080			
Цукрові буряки	корені	8	160	460	720	1380	1700	2400	2900	
Кормові буряки	корені	7	160	460	720	1380	1700	2200	3100	
Столові буряки	корені	7	160	460	720	1170	1770	2550	2700	
Морква	корені	6	220	1000	1650	2520				
Помідори	томати	12	320	1000	1200	1400	2600			розсада
Капуста пізня	качани	8	540	1750	2450					
Однорічні трави	зелена маса	5	100	430	950	1050	1150	1350	2300	конюшина
Багаторічні трави	сіно	5	800	1000	1750	1950	2700			конюшина
Кукурудза	зерно	10	160	510	780	1250	1350	2000	2550	
Кукурудза	зелена маса	10	180	1230	1560	1760				
Пасовища	зелена маса	5	580	880	1550	1800	2150			

Додаток Б

Результати прогнозно-імітаційних розрахунків на ЕОМ з визначення ефективної врожайності для умов СВК “Пархоменське” Любомльського району Волинської області

Таблиця Б.1

Нормований розподіл опадів за розрахунковими періодами вегетації, мм

Місяць	Декада	Розрахункові періоди вегетації				
		p=10%	p=30%	p=50%	p=70%	p=90%
квітень	1	15.29	14.50	13.74	13.03	12.35
	2	16.31	15.33	14.42	13.56	12.75
	3	18.06	16.77	15.56	14.45	13.41
	$\sum x_{\tau}$	49.66	46.60	43.73	41.04	38.52
травень	1	20.56	18.78	17.15	15.66	14.31
	2	23.74	21.30	19.10	17.13	15.37
	3	30.20	26.59	23.42	20.63	18.17
	$\sum x_{\tau}$	74.50	66.67	59.68	53.43	47.85
червень	1	31.37	27.17	23.53	20.38	17.65
	2	35.05	29.93	25.57	21.84	18.65
	3	37.97	32.10	27.15	22.95	19.41
	$\sum x_{\tau}$	104.38	89.20	76.24	65.17	55.71
липень	1	39.66	33.35	28.05	23.59	19.83
	2	39.83	33.48	28.14	23.65	19.88
	3	42.29	35.70	30.14	25.45	21.48
	$\sum x_{\tau}$	121.79	102.54	86.33	72.68	61.19
серпень	1	35.74	30.45	25.95	22.11	18.83
	2	32.17	27.77	23.98	20.70	17.87
	3	31.08	27.27	23.93	21.00	18.43
	$\sum x_{\tau}$	98.99	85.50	73.86	63.81	55.14
вересень	1	24.46	21.86	19.53	17.45	15.60
	2	21.14	19.24	17.51	15.94	14.51
	3	18.49	17.12	15.84	14.66	13.57
	$\sum x_{\tau}$	64.09	58.21	52.89	48.06	43.68
жовтень	1	16.59	15.56	14.60	13.70	12.86
	2	15.43	14.61	13.84	13.10	12.41
	3	16.50	15.68	14.90	14.16	13.46
	$\sum x_{\tau}$	48.52	45.86	43.35	40.97	38.72
Всього	$\sum X_p$	561.92	494.57	436.06	385.15	340.80

Таблиця Б.2

Нормований розподіл температури повітря за розрахунковими періодами вегетації, °C

Місяць	Декада	Розрахункові періоди вегетації				
		p=10%	p=30%	p=50%	p=70%	p=90%
квітень	1	6.06	6.33	6.63	6.80	7.22
	2	6.74	7.06	7.42	7.62	8.12
	3	8.04	8.46	8.92	9.19	9.85
	x _т	208.45	218.53	229.70	236.10	251.81
травень	1	9.86	10.43	11.06	11.42	12.32
	2	11.93	12.67	13.50	13.98	15.18
	3	13.78	14.69	15.71	16.30	17.78
	x _т	369.57	392.57	418.38	433.35	470.56
червень	1	15.00	16.02	17.17	17.84	19.51
	2	15.47	16.54	17.74	18.44	20.19
	3	15.45	16.52	17.71	18.41	20.16
	x _т	459.26	490.71	526.20	546.88	598.56
липень	1	15.32	16.37	17.55	18.24	19.97
	2	15.36	16.42	17.60	18.30	20.03
	3	15.65	16.73	17.95	18.66	20.44
	x _т	478.96	511.86	549.02	570.66	624.79
серпень	1	16.00	17.12	18.37	19.11	20.94
	2	16.04	17.15	18.42	19.15	21.00
	3	15.35	16.41	17.59	18.29	20.02
	x _т	489.28	523.17	561.45	583.76	639.58
вересень	1	13.81	14.72	15.74	16.34	17.82
	2	11.68	12.40	13.21	13.67	14.83
	3	9.50	10.03	10.63	10.97	11.82
	x _т	349.89	371.50	395.73	409.77	444.67
жовтень	1	7.71	8.10	8.54	8.78	9.40
	2	6.53	6.83	7.17	7.36	7.83
	3	5.98	6.25	6.54	6.71	7.12
	x _т	208.18	218.06	228.99	235.25	250.61
Всього	X _p	2563.59	2726.39	2909.47	3015.76	3280.58

Таблиця Б.3

Нормований розподіл відносної вологості повітря за розрахунковими періодами вегетації, %

Місяць	Декада	Розрахункові періоди вегетації				
		p=10%	p=30%	p=50%	p=70%	p=90%
квітень	1	79.67	77.67	75.70	73.53	70.98
	2	78.05	75.25	72.41	69.24	65.37
	3	76.73	73.01	69.14	64.70	59.16
	x _т	78.15	75.31	72.42	69.16	65.17
травень	1	76.24	71.78	67.05	61.45	54.46
	2	76.70	71.87	66.74	60.46	52.75
	3	77.64	72.81	67.67	61.24	53.55
	x _т	76.86	72.15	67.15	61.05	53.59
червень	1	78.48	73.78	68.80	62.48	55.10
	2	78.90	74.30	69.44	63.25	56.10
	3	78.94	74.36	69.54	63.38	56.28
	x _т	78.77	74.14	69.26	63.04	55.83
липень	1	78.84	74.25	69.41	63.24	56.10
	2	78.91	74.34	69.52	63.39	56.30
	3	79.33	74.91	70.28	64.35	57.59
	x _т	79.03	74.50	69.73	63.66	56.66
серпень	1	80.13	76.03	71.78	66.33	60.26
	2	81.08	77.45	73.74	68.99	63.86
	3	81.89	78.77	75.65	71.69	67.54
	x _т	81.03	77.42	73.72	69.00	63.88
вересень	1	82.36	79.75	77.20	74.00	70.72
	2	82.53	80.40	78.35	75.85	73.30
	3	82.53	80.82	79.20	77.29	75.32
	x _т	82.47	80.32	78.25	75.71	73.11
жовтень	1	82.38	80.98	79.66	78.14	76.56
	2	81.94	80.64	79.41	78.03	76.54
	3	81.05	79.56	78.13	76.55	74.78
	x _т	81.79	80.39	79.06	77.57	75.96
Всього	X _р	79.73	76.32	72.80	68.46	63.46

Таблиця Б.4

Нормований розподіл дефіциту вологості повітря за розрахунковими періодами вегетації, мм

Місяць	Декада	Розрахункові періоди вегетації				
		p=10%	p=30%	p=50%	p=70%	p=90%
квітень	1	1.65	1.86	2.09	2.32	2.65
	2	1.88	2.20	2.54	2.91	3.43
	3	2.19	2.66	3.19	3.77	4.63
	$\sum x_{\tau}$	57.20	67.19	78.14	89.95	107.06
травень	1	2.54	3.19	3.95	4.82	6.16
	2	2.85	3.69	4.69	5.86	7.72
	3	3.07	4.05	5.24	6.66	8.94
	$\sum x_{\tau}$	87.67	113.33	144.06	180.07	237.06
червень	1	3.18	4.23	5.53	7.07	9.59
	2	3.21	4.28	5.60	7.18	9.75
	3	3.20	4.26	5.57	7.14	9.69
	$\sum x_{\tau}$	95.99	127.80	166.93	213.92	290.30
липень	1	3.19	4.24	5.54	7.10	9.62
	2	3.19	4.24	5.53	7.09	9.61
	3	3.17	4.22	5.50	7.04	9.53
	$\sum x_{\tau}$	98.71	131.25	171.25	219.23	297.12
серпень	1	3.11	4.11	5.33	6.79	9.15
	2	2.95	3.85	4.94	6.22	8.26
	3	2.69	3.43	4.31	5.32	6.90
	$\sum x_{\tau}$	90.18	117.35	150.08	188.62	249.95
вересень	1	2.37	2.92	3.56	4.28	5.37
	2	2.04	2.42	2.86	3.32	4.00
	3	1.76	2.02	2.30	2.60	3.01
	$\sum x_{\tau}$	61.61	73.71	87.21	102.02	123.84
жовтень	1	1.57	1.76	1.95	2.15	2.42
	2	1.49	1.65	1.80	1.96	2.18
	3	1.52	1.68	1.85	2.02	2.25
	$\sum x_{\tau}$	47.33	52.52	57.89	63.36	70.81
Всього	$\sum X_p$	538.69	683.16	855.56	1057.17	1376.13

Таблиця Б.5

Нормований розподіл ФАР за розрахунковими періодами вегетації, кДж/см²

Місяць	Декада	Розрахункові періоди вегетації				
		p=10%	p=30%	p=50%	p=70%	p=90%
квітень	1	5.62	6.42	7.33	8.35	9.49
	2	5.79	6.62	7.55	8.60	9.77
	3	6.11	6.98	7.97	9.08	10.32
	$\sum x_{\tau}$	175.11	200.22	228.51	260.25	295.83
травень	1	6.57	7.51	8.57	9.76	11.09
	2	7.09	8.10	9.25	10.53	11.98
	3	7.56	8.65	9.87	11.24	12.77
	$\sum x_{\tau}$	219.70	251.21	286.71	326.53	371.17
червень	1	7.87	9.00	10.27	11.70	13.30
	2	8.00	9.14	10.43	11.88	13.51
	3	7.99	9.14	10.43	11.88	13.50
	$\sum x_{\tau}$	238.59	272.81	311.35	354.60	403.08
липень	1	7.96	9.10	10.38	11.82	13.44
	2	7.97	9.11	10.40	11.84	13.46
	3	8.04	9.19	10.49	11.95	13.58
	$\sum x_{\tau}$	247.67	283.19	323.20	368.10	418.42
серпень	1	6.79	7.76	8.86	10.09	11.47
	2	6.80	7.78	8.88	10.11	11.49
	3	6.52	7.46	8.51	9.70	11.02
	$\sum x_{\tau}$	207.67	237.46	271.01	308.65	350.84
вересень	1	5.90	6.74	7.70	8.77	9.96
	2	5.04	5.76	6.58	7.49	8.52
	3	4.17	4.77	5.44	6.20	7.04
	$\sum x_{\tau}$	151.08	172.75	197.16	224.54	255.24
жовтень	1	3.46	3.96	4.52	5.15	5.85
	2	3.00	3.43	3.91	4.46	5.07
	3	2.79	3.19	3.64	4.14	4.71
	$\sum x_{\tau}$	95.30	108.97	124.37	141.64	161.00
Всього	$\sum X_p$	1335.12	1526.60	1742.30	1984.30	2255.58

Таблиця Б.6

Нормований розподіл випаровуваності за розрахунковими періодами вегетації, мм

Місяць	Декада	Розрахункові періоди вегетації				
		p=10%	p=30%	p=50%	p=70%	p=90%
квітень	1	1.00	1.14	1.27	1.42	1.62
	2	1.15	1.34	1.55	1.77	2.09
	3	1.34	1.62	1.94	2.30	2.82
	$\sum x_{\tau}$	34.89	40.99	47.66	54.87	65.31
травень	1	1.55	1.95	2.41	2.94	3.75
	2	1.74	2.25	2.86	3.58	4.71
	3	1.87	2.47	3.20	4.06	5.45
	$\sum x_{\tau}$	53.48	69.13	87.88	109.84	144.60
червень	1	1.94	2.58	3.37	4.32	5.85
	2	1.96	2.61	3.41	4.38	5.95
	3	1.95	2.60	3.40	4.35	5.91
	$\sum x_{\tau}$	58.55	77.96	101.83	130.49	177.08
липень	1	1.95	2.59	3.38	4.33	5.87
	2	1.94	2.59	3.38	4.32	5.86
	3	1.94	2.57	3.36	4.29	5.81
	$\sum x_{\tau}$	60.21	80.06	104.46	133.73	181.24
серпень	1	1.90	2.51	3.25	4.14	5.58
	2	1.80	2.35	3.01	3.79	5.04
	3	1.64	2.09	2.63	3.25	4.21
	$\sum x_{\tau}$	55.01	71.58	91.55	115.06	152.47
вересень	1	1.44	1.78	2.17	2.61	3.27
	2	1.24	1.48	1.74	2.03	2.44
	3	1.07	1.23	1.41	1.59	1.84
	$\sum x_{\tau}$	37.58	44.97	53.20	62.23	75.54
жовтень	1	0.96	1.07	1.19	1.31	1.48
	2	0.91	1.00	1.10	1.20	1.33
	3	0.92	1.02	1.13	1.23	1.37
	$\sum x_{\tau}$	28.87	32.04	35.31	38.65	43.20
Всього	$\sum X_p$	328.60	416.73	521.89	644.87	839.44

Таблиця Б.7

Фрагмент розрахунку ефективної проектної врожайності багаторічних трав на сіно
для умов досліджуваного об'єкта

$p, \%$	$Q_{кр},$ кДж/см ²	$Y_{окр}^F,$ ц/га	$Y_B,$ ц/га	$Y_A,$ ц/га	K_4	$Y_{когсп},$ ц/га	$Q_A,$ млн. кДж/га	$\eta_{\Phi}, \%$	$Y_A / Y_{окр}^F$
Б=24, $\bar{\eta}_k=2,0\%$									
Попереджувальне шлюзування									
10 %	112,73	47,87	11,49	56,31	0,476	26,78	126,14	1,12	1,18
30 %	129,66	55,05	13,21	58,03	0,610	35,40	166,77	1,29	1,05
50 %	159,94	67,91	16,30	61,12	0,769	47,02	221,47	1,38	0,90
70 %	189,99	80,67	19,36	64,18	0,649	41,68	196,34	1,03	0,80
90 %	235,97	100,20	24,05	68,87	0,581	40,01	188,48	0,80	0,69
	165,72	70,36	16,89	61,71	0,635	39,28	185,00	1,15	0,91
Зрошення дощуванням на фоні попереджувального шлюзування									
10 %	112,73	47,87	11,49	56,31	0,476	26,78	126,14	1,12	1,18
30 %	129,66	55,05	13,21	58,03	0,610	35,40	166,77	1,29	1,05
50 %	159,94	67,91	16,30	61,12	0,781	47,72	224,75	1,41	0,90
70 %	189,99	80,67	19,36	64,18	0,800	51,38	242,00	1,27	0,80
90 %	235,97	100,20	24,05	68,87	0,843	58,08	273,59	1,16	0,69
	165,72	70,36	16,89	61,71	0,715	44,58	210,00	1,27	0,91
Зволожувальне шлюзування									
10 %	112,73	47,87	11,49	56,31	0,476	26,78	126,14	1,12	1,18
30 %	129,66	55,05	13,21	58,03	0,610	35,40	166,77	1,29	1,05
50 %	159,94	67,91	16,30	61,12	0,789	48,24	227,20	1,42	0,90
70 %	189,99	80,67	19,36	64,18	0,686	44,00	207,25	1,09	0,80
90 %	235,97	100,20	24,05	68,87	0,641	44,14	207,92	0,88	0,69
	165,72	70,36	16,89	61,71	0,658	40,78	192,07	1,19	0,91
Осушення									
10 %	112,73	47,87	11,49	56,31	0,476	26,78	126,14	1,12	1,18
30 %	129,66	55,05	13,21	58,03	0,644	37,37	176,03	1,36	1,05
50 %	159,94	67,91	16,30	61,12	0,715	43,71	205,87	1,29	0,90
70 %	189,99	80,67	19,36	64,18	0,559	35,87	168,98	0,89	0,80
90 %	235,97	100,20	24,05	68,87	0,374	25,74	121,27	0,51	0,69
	165,72	70,36	16,89	61,71	0,575	35,25	166,03	1,06	0,91
Б=30, $\bar{\eta}_k=2,0\%$									
Попереджувальне шлюзування									
10 %	112,73	47,87	14,36	63,98	0,476	30,43	143,34	1,27	1,34
30 %	129,66	55,05	16,52	66,14	0,612	40,47	190,64	1,47	1,20
50 %	159,94	67,91	20,37	70,00	0,760	53,22	250,70	1,57	1,03
70 %	189,99	80,67	24,20	73,83	0,646	47,72	224,79	1,18	0,92
90 %	235,97	100,20	30,06	79,68	0,581	46,26	217,90	0,92	0,80
	165,72	70,36	21,11	70,73	0,633	44,84	211,19	1,31	1,05

$p, \%$	$Q_{кр},$ кДж/см ²	$Y_{окр}^F,$ ц/га	$Y_B,$ ц/га	$Y_A,$ ц/га	K_4	$Y_{когсп},$ ц/га	$Q_A,$ млн. кДж/га	$\eta_\Phi, \%$	$Y_A / Y_{окр}^F$
Зрошення дощуванням на фоні попереджувального шлюзування									
10 %	112,73	47,87	14,36	63,98	0,476	30,43	143,34	1,27	1,34
30 %	129,66	55,05	16,52	66,14	0,612	40,47	190,64	1,47	1,20
50 %	159,94	67,91	20,37	70,00	0,769	53,80	253,42	1,58	1,03
70 %	189,99	80,67	24,20	73,83	0,895	66,08	311,24	1,64	0,92
90 %	235,97	100,20	30,06	79,68	0,846	67,42	317,54	1,35	0,80
	165,72	70,36	21,11	70,73	0,737	52,74	248,43	1,49	1,05
Зволожувальне шлюзування									
10 %	112,73	47,87	14,36	63,98	0,476	30,43	143,34	1,27	1,34
30 %	129,66	55,05	16,52	66,14	0,612	40,47	190,64	1,47	1,20
50 %	159,94	67,91	20,37	70,00	0,783	54,84	258,32	1,62	1,03
70 %	189,99	80,67	24,20	73,83	0,691	51,01	240,29	1,26	0,92
90 %	235,97	100,20	30,06	79,68	0,599	47,75	224,90	0,95	0,80
	165,72	70,36	21,11	70,73	0,652	46,29	218,02	1,35	1,05
Осушення									
10 %	112,73	47,87	14,36	63,98	0,476	30,43	143,34	1,27	1,34
30 %	129,66	55,05	16,52	66,14	0,645	42,63	200,80	1,55	1,20
50 %	159,94	67,91	20,37	70,00	0,702	49,15	231,51	1,45	1,03
70 %	189,99	80,67	24,20	73,83	0,550	40,64	191,41	1,01	0,92
90 %	235,97	100,20	30,06	79,68	0,403	32,11	151,26	0,64	0,80
	165,72	70,36	21,11	70,73	0,574	40,35	190,08	1,21	1,05
Б=57, $\eta_k=3,5\%$									
Попереджувальне шлюзування									
10 %	112,73	83,76	47,75	97,09	0,476	46,18	217,51	1,93	1,16
30 %	129,66	96,34	54,92	104,26	0,613	63,87	300,82	2,32	1,08
50 %	159,94	118,85	67,74	117,09	0,760	88,98	419,12	2,62	0,99
70 %	189,99	141,17	80,47	129,82	0,640	83,12	391,50	2,06	0,92
90 %	235,97	175,34	99,95	149,29	0,596	88,93	418,87	1,78	0,85
	165,72	123,14	70,19	119,54	0,633	76,06	358,28	2,19	0,99
Зрошення дощуванням на фоні попереджувального шлюзування									
10 %	112,73	83,76	47,75	97,09	0,476	46,18	217,51	1,93	1,16
30 %	129,66	96,34	54,92	104,26	0,613	63,87	300,82	2,32	1,08
50 %	159,94	118,85	67,74	117,09	0,771	90,32	425,43	2,66	0,99
70 %	189,99	141,17	80,47	129,82	0,904	117,33	552,64	2,91	0,92
90 %	235,97	175,34	99,95	149,29	0,831	124,02	584,17	2,48	0,85
	165,72	123,14	70,19	119,54	0,737	90,21	424,93	2,52	0,99
Зволожувальне шлюзування									
10 %	112,73	83,76	47,75	97,09	0,476	46,18	217,51	1,93	1,16
30 %	129,66	96,34	54,92	104,26	0,613	63,87	300,82	2,32	1,08
50 %	159,94	118,85	67,74	117,09	0,780	91,35	430,30	2,69	0,99
70 %	189,99	141,17	80,47	129,82	0,677	87,87	413,90	2,18	0,92
90 %	235,97	175,34	99,95	149,29	0,642	95,85	451,48	1,91	0,85
	165,72	123,14	70,19	119,54	0,654	78,88	371,56	2,26	0,99

$p, \%$	$Q_{кр},$ кДж/см ²	$Y_{окр}^F,$ ц/га	$Y_B,$ ц/га	$Y_A,$ ц/га	K_4	$Y_{когсп},$ ц/га	$Q_A,$ млн. кДж/га	$\eta_\Phi, \%$	$Y_A / Y_{окр}^F$
Осушення									
10 %	112,73	83,76	47,75	97,09	0,476	46,18	217,51	1,93	1,16
30 %	129,66	96,34	54,92	104,26	0,601	62,66	295,15	2,28	1,08
50 %	159,94	118,85	67,74	117,09	0,707	82,82	390,11	2,44	0,99
70 %	189,99	141,17	80,47	129,82	0,550	71,40	336,32	1,77	0,92
90 %	235,97	175,34	99,95	149,29	0,380	56,75	267,31	1,13	0,85
	165,72	123,14	70,19	119,54	0,563	66,53	313,36	1,97	0,99
Б=84, $\eta_k=4,0\%$									
Попереджувальне шлюзування									
10 %	112,73	95,73	80,41	101,22	0,476	48,14	226,74	2,01	1,06
30 %	129,66	110,11	92,49	113,29	0,535	60,64	285,63	2,20	1,03
50 %	159,94	135,82	114,09	134,89	0,762	102,79	484,17	3,03	0,99
70 %	189,99	161,34	135,52	156,33	0,657	102,64	483,45	2,54	0,97
90 %	235,97	200,39	168,33	189,13	0,624	117,96	555,63	2,35	0,94
	165,72	140,73	118,21	139,02	0,627	88,40	416,39	2,49	1,00
Зрошення дощуванням на фоні попереджувального шлюзування									
10 %	112,73	95,73	80,41	101,22	0,476	48,14	226,74	2,01	1,06
30 %	129,66	110,11	92,49	113,29	0,535	60,64	285,63	2,20	1,03
50 %	159,94	135,82	114,09	134,89	0,739	99,74	469,80	2,94	0,99
70 %	189,99	161,34	135,52	156,33	0,786	122,89	578,84	3,05	0,97
90 %	235,97	200,39	168,33	189,13	0,841	159,12	749,49	3,18	0,94
	165,72	140,73	118,21	139,02	0,686	98,87	465,72	2,71	1,00
Зволожувальне шлюзування									
10 %	112,73	95,73	80,41	101,22	0,476	48,14	226,74	2,01	1,06
30 %	129,66	110,11	92,49	113,29	0,535	60,64	285,63	2,20	1,03
50 %	159,94	135,82	114,09	134,89	0,772	104,19	490,78	3,07	0,99
70 %	189,99	161,34	135,52	156,33	0,673	105,24	495,70	2,61	0,97
90 %	235,97	200,39	168,33	189,13	0,586	110,83	522,05	2,21	0,94
	165,72	140,73	118,21	139,02	0,628	88,33	416,07	2,49	1,00
Осушення									
10 %	112,73	95,73	80,41	101,22	0,476	48,14	226,74	2,01	1,06
30 %	129,66	110,11	92,49	113,29	0,602	68,22	321,32	2,48	1,03
50 %	159,94	135,82	114,09	134,89	0,715	96,49	454,47	2,84	0,99
70 %	189,99	161,34	135,52	156,33	0,575	89,94	423,64	2,23	0,97
90 %	235,97	200,39	168,33	189,13	0,387	73,20	344,80	1,46	0,94
	165,72	140,73	118,21	139,02	0,572	78,45	369,52	2,28	1,00

Примітка. η_Φ - фактичне значення ККД ФАР за врожаєм виробництва в заданих умовах.

Додаток В

Додаткове інформаційне забезпечення розрахунків із визначення ефективної проектної врожайності на осушуваних землях за корегуючими коефіцієнтами

Таблиця В.1

Статична характеристика сум метеорологічних величин за період вегетації для адміністративних областей зони достатнього та нестійкого зволоження України

№ п/п	Назва області	Позначення метеофакторів	Одиниця вимірювання	\overline{N}_f^o	C_{vf}
1	Закарпатська	P	мм	577	0,260
		T	°C	3330	0,038
		D	мм	870	0,270
		Q	кДж/см ²	176,8	-
2	Івано-Франківська	P	мм	535	0,240
		T	°C	2910	0,056
		D	мм	764	0,230
		Q	кДж/см ²	168,6	-
3	Львівська	P	мм	534	0,230
		T	°C	2830	0,047
		D	мм	743	0,230
		Q	кДж/см ²	171,3	-
4	Чернівецька	P	мм	489	0,240
		T	°C	3040	0,042
		D	мм	766	0,240
		Q	кДж/см ²	171,5	-
5	Волинська	P	мм	436	0,240
		T	°C	2860	0,042
		D	мм	815	0,230
		Q	кДж/см ²	166,9	-
6	Рівненська	P	мм	434	0,250
		T	°C	2840	0,048
		D	мм	849	0,220
		Q	кДж/см ²	170,2	-
7	Житомирська	P	мм	428	0,220
		T	°C	2840	0,055
		D	мм	856	0,230
		Q	кДж/см ²	171,5	-
8	Чернігівська	P	мм	398	0,210
		T	°C	2840	0,057
		D	мм	916	0,240
		Q	кДж/см ²	167,1	-
9	Сумська	P	мм	394	0,250
		T	°C	2870	0,057
		D	мм	955	0,240
		Q	кДж/см ²	168,7	-

Продовження табл. В.1

№ п/п	Назва області	Позначення метеофакторів	Одиниця вимірювання	\bar{N}_f^o	C_{vf}
10	Тернопільська	P	мм	467	0,220
		T	°C	2850	0,049
		D	мм	851	0,230
		Q	кДж/см ²	173,4	-
11	Хмельницька	P	мм	448	0,250
		T	°C	2890	0,049
		D	мм	906	0,230
		Q	кДж/см ²	176,2	-
12	Вінницька	P	мм	408	0,240
		T	°C	2910	0,049
		D	мм	980	0,240
		Q	кДж/см ²	184,6	-
13	Черкаська	P	мм	373	0,260
		T	°C	3060	0,049
		D	мм	1063	0,260
		Q	кДж/см ²	184,5	-
14	Київська	P	мм	399	0,240
		T	°C	2970	0,051
		D	мм	1003	0,260
		Q	кДж/см ²	173,5	-
15	Полтавська	P	мм	364	0,290
		T	°C	3080	0,054
		D	мм	1120	0,260
		Q	кДж/см ²	180,1	-
16	Харківська	P	мм	348	0,260
		T	°C	3140	0,053
		D	мм	1205	0,260
		Q	кДж/см ²	180,8	-

Таблиця В.2

Значення нормованих відхилень ординат кривих забезпеченості від середньої для метеофакторів розрахункових періодів вегетації, Φ_{fp}

№ п/п	Метеофактори	Розрахункові періоди вегетації				
		дуже вологий $p=10\%$	вологий $p=10\%$	середній $p=10\%$	сухий $p=10\%$	дуже сухий $p=10\%$
1	Опади	1,40	0,70	0,00	-0,70	-1,40
2	Температура	-1,15	-0,60	-0,02	0,30	1,05
3	Дефіцит	-1,30	-0,55	0,15	0,80	1,60
4	Відносна вологість	1,50	0,70	-0,05	-0,90	-1,65

Таблиця В.3

Значення коефіцієнту тривалості вегетаційного періоду сільськогосподарських культур $\tau_{\text{ср}}$ для адміністративних областей зони достатнього та нестійкого зволоження України

№ п/п	Назва області	Назва сільськогосподарських культур										
		Озимі зернові	Ярі зернові	Льон	Картопля	Однорічні трави	Багаторічні трави	Кукурудза на зерно	Цукровий бурак	Кормовий бурак	Морква	Капуста пізня
1	Закарпатська	0,420	0,450	0,429	0,625	0,691	0,811	0,766	0,871	0,931	0,757	0,736
2	Івано- Франківська	0,481	0,515	0,491	0,715	0,790	0,928	0,876	0,997	1,000	0,866	0,842
3	Львівська	0,495	0,530	0,505	0,735	0,813	0,954	0,901	1,000	1,000	0,890	0,866
4	Чернівецька	0,461	0,493	0,470	0,684	0,757	0,888	0,839	0,954	1,000	0,829	0,806
5	Волинська	0,524	0,490	0,500	0,727	0,804	0,944	0,892	1,000	1,000	0,881	0,857
6	Рівненська	0,493	0,528	0,504	0,732	0,810	0,951	0,898	1,000	1,000	0,887	0,863
7	Житомирська	0,493	0,528	0,504	0,732	0,810	0,951	0,898	1,000	1,000	0,887	0,863
8	Чернігівська	0,493	0,528	0,504	0,732	0,810	0,951	0,898	1,000	1,000	0,887	0,863
9	Сумська	0,488	0,523	0,498	0,725	0,801	0,941	0,889	1,000	1,000	0,878	0,854
10	Тернопільська	0,491	0,526	0,502	0,730	0,807	0,947	0,895	1,000	1,000	0,884	0,860
11	Хмельницька	0,484	0,519	0,495	0,720	0,796	0,934	0,882	1,000	1,000	0,872	0,848
12	Вінницька	0,481	0,515	0,491	0,715	0,790	0,928	0,876	0,997	1,000	0,866	0,842
13	Черкаська	0,458	0,490	0,467	0,680	0,752	0,882	0,833	0,948	1,000	0,824	0,801
14	Київська	0,471	0,505	0,481	0,700	0,774	0,909	0,859	0,976	1,000	0,848	0,825
15	Полтавська	0,455	0,487	0,464	0,675	0,747	0,877	0,828	0,942	1,000	0,818	0,795
16	Харківська	0,446	0,478	0,455	0,662	0,732	0,860	0,812	0,924	0,987	0,803	0,780

Таблиця В.4

Нормовані значення потенційного ККД ФАР у гумідній зоні України
залежно від загальної родючості ґрунту

Загальна родючість ґрунту (Б, бали)	Потенційний ККД ФАР $\bar{\eta}_{kg}, \%$
0...10	0,0...0,8
10...20	0,8...1,5
20...30	1,5...2,2
30...40	2,2...2,7
40...50	2,7...3,2
50...60	3,2...3,5
60...70	3,5...3,8
70...80	3,8...4,0
80...90	4,0...4,2
90...100	4,2...4,5

Таблиця В.5

Нормовані значення коефіцієнту збільшення врожаю вирощуваних культур за внесеними
добривами (K_2) залежно від загальної родючості ґрунту

Загальна родючість ґрунту (Б, бали)	K_2
0...10	4,00...5,00
10...20	3,50...4,00
20...30	3,00...3,50
30...40	2,00...3,00
40...50	1,70...2,00
50...60	1,50...1,70
60...70	1,35...1,50
70...80	1,20...1,35
80...90	1,15...1,20
90...100	1,00...1,15

Таблиця В.6

Значення коефіцієнту природної зволоженості території (K_{ω}) в розрізі адміністративних областей зони достатнього та нестійкого зволоження України та розрахункових періодів вегетації

Назва області	$p=10\%$	$p=30\%$	$p=50\%$	$p=70\%$	$p=90\%$
Закарпатська	2,283	1,509	1,045	0,731	0,483
Івано-Франківська	2,187	1,536	1,110	0,806	0,557
Львівська	2,221	1,566	1,138	0,835	0,584
Чернівецька	2,031	1,408	1,010	0,731	0,503
Волинська	1,671	1,172	0,848	0,617	0,426
Рівненська	1,585	1,121	0,811	0,588	0,403
Житомирська	1,530	1,083	0,792	0,585	0,414
Чернігівська	1,340	0,942	0,688	0,509	0,363
Сумська	1,327	0,916	0,653	0,468	0,317
Тернопільська	1,678	1,189	0,870	0,642	0,455
Хмельницька	1,562	1,090	0,784	0,565	0,385
Вінницька	1,326	0,919	0,659	0,476	0,328
Черкаська	1,185	0,794	0,554	0,389	0,258
Київська	1,316	0,888	0,628	0,449	0,306
Полтавська	1,133	0,748	0,513	0,351	0,223
Харківська	0,976	0,652	0,456	0,321	0,212

Таблиця В.7

Рекомендовані значення коефіцієнтів впливу технологій водорегулювання осушуваних земель (K_S) на формування врожайності вирощуваних культур у розрахункові щодо умов тепло- й вологозабезпеченості періоди вегетації

$p, \%$	Осушення	Попереджувальне шлюзування	Зволожувальне шлюзування	Зрошення дощуванням на фоні осушення та попереджувального шлюзування
10%	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4
30%	0,4...0,6	0,4...0,6	0,4...0,6	0,4...0,6
50%	0,6...0,7	0,6...0,8	0,6...0,8	0,7...0,9
70%	0,5...0,6	0,9...1,1	1,1...1,2	1,2...1,3
90%	0,4...0,5	1,2...1,4	1,3...1,5	1,4...1,6